Ueber

Farbensinn und Farbenblindheit.

Rede,

gehalten auf der 51. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte

von

Dr. J. Stilling,
Augenarzt in Cassel.

Cassel.
Verlag von Theodor Fischer.
1878.

Ueber

Farbensinn und Farbenblindheit.

Rede,

gehalten auf der 51. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte

von

DR. J. STILLING,
Augenarzt in Cassel.

Cassel.
Verlag von Theodor Fischer.
1878.

1651007

Hochgeehrte Versammlung!

Zu denjenigen Fragen, welche, früher nur als wissenschaftliche Curiosa angesehen, plötzlich zu einer überraschend ausgedehnten praktischen Wichtigkeit gelangten, gehört auch die über die Farbenblindheit. Schon die ausserordentliche Häufigkeit dieses Fehlers war bis in die neueste Zeit so gut wie unbekannt, und es erregte ein ziemlich allgemeines Erstaunen, als die hierauf bezüglichen Untersuchungen, von den verschiedensten Forschern in verschiedenen Ländern unabhängig von einander angestellt, veröffentlicht wurden. Dieses Staunen scheint indessen ganz ungerechtfertigt, wenn wir bedenken, wie wenig Menschen mit einem vollkommen entwickelten musikalischen Gehör es giebt, denn dessen völliges Analogon ist die Farbenblindheit. So wie man auf Schritt und Tritt Menschen begegnet, welche bei sonst vortrefflichem Gehör Dur von Moll nicht unterscheiden können, so dürfen wir uns auch nicht darüber wundern, dass eine grosse Anzahl Menschen mit vortrefflichem Sehvermögen den Qualitätsunterschied zweier Lichtarten nicht wahrzunehmen im Stande ist. So wie nun die zahlreichsten Abstufungen in der Ausbildung des musikalischen Gehörs zu beobachten sind, von dem Violinvirtuosen an, der Unterschiede von weniger als $^1/_{32}$ Tonhöhe mit

Leichtigkeit wahrnimmt, bis zu dem musikalisch Rohen herab, der nicht zu unterscheiden vermag, ob D oder F der tiefere Ton ist, so giebt es auch für den Farbensinn die zahlreichsten Uebergänge im Unterscheidungsvermögen. Eine ganz ausserordentlich gesteigerte Entwicklung des Farbensinnes finden wir bei talentvollen Künstlern, welche Unterschiede im Farbentone sofort erkennen, die Andern nicht zur Perception zu bringen sind. Innerhalb der breiten Grenzen des normalen Farbensinnes ist durch fortgesetzte Uebung und Beobachtung eine Ausbildung desselben möglich, die unterhalb einer gewissen Grenze nicht mehr thunlich ist, ganz ebenso, wie wir auch unser musikalisches Gehör nur von einer gewissen Höhe ab weiter auszubilden im Stande sind. Genau genommen entwickeln wir dabei nicht unsern Sinn weiter, sondern wir werden nur aufmerksamer auf gewisse körperliche Vorgänge, und die der Steigerung unseres Empfindens gesetzte Grenze ist auf den Punkt zu normiren, an welchem ein wirklicher körperlicher Defect der Selbstbeobachtung als unüberwindliches Hinderniss sich entgegenstemmt. Von diesem Punkt an beginnt das ausgedehnte Gebiet derjenigen Fälle, in denen eine mangelhafte Entwicklung gewisser Organe supponirt werden muss, um die mangelhaften Empfindungen zu erklären, bis zu jener Grenze, von welcher ab die Empfindungen nicht nur mangelhaft sind, sondern ganz fehlen, und demgemäss anzunehmen ist, dass jene Organe nicht nur mangelhaft entwickelt, sondern nicht vorhanden, oder mindestens functionsunfähig sind.

Diese letzteren Zustände sind es nun, welche den Forscher hauptsächlich zu interessiren geeignet sind, in theo-

retischer sowohl, wie in praktischer Beziehung. In theoretischer, weil man seit ziemlich langer Zeit sich an diese mangelhaften Entwickelungszustände gehalten hat, um von den normalen hierdurch etwas zu erfahren, in praktischer, weil sich hieran die Fragen über die Unzukömmlichkeiten knüpfen, welche im öffentlichen Verkehrsleben entstehen können, und nachweislich auch entstanden sind.

Die Mannichfaltigkeit unserer Farbenempfindungen zu reduciren, auf einfache oder Grundfarbenempfindungen zurückzuführen, ist das erste Problem, was uns interessiren muss, wenn wir ein System in die Erscheinungen des mangelhaften Farbensinnes bringen wollen.

Th. Young ist bekanntlich der erste gewesen, der in präciser Weise die Mannichfaltigkeit unserer Farbenempfindungen auf die drei Grundfarben Roth, Grün und Violett zurückzuführen versucht hat, während man nach ihm Roth, Gelb und Blau dazu wählte. Helmholtz entriss die Young'sche Theorie der Vergessenheit und gab ihr eine neue Form. Vergegenwärtigen wir uns die Gründe, welche Young zur Aufstellung der Theorie der drei Grundfarben bewogen, so finden wir, dass dieselben den Resultaten der Farbenmischung entnommen sind. Auch Helmholtz gründet die Wiederbelebung dieser Hypothese auf Farbenmischung und unterscheidet sich von denen, die wie Göthe, Roth, Gelb, Blau als Grundfarben betrachten, wesentlich dadurch, dass jene Pigmente, er selbst aber Spectralfarben benutzte. Aber derartige Versuche können offenbar sammt und sonders die Mannichfaltigkeit der objectiven Farben zurückführen nur wieder auf objective Farben, aus deren Mischung die übrigen entstehen können. Roth, Gelb, Blau sind wirklich

die objectiven Grundfarben für die Mischung der Malerfarben, denn aus Gelb und Blau kann man Grün mischen. Nur in diesem Sinne sind Roth, Grün, Violett die objectiven Grundfarben für die spectralen Töne, aber es sind eben objective Grundfarben, es sind farbige Lichter, die man miteinander mischen kann. Von diesen objectiven Grundfarben aber zu unseren eigenen, inneren Grundempfindungen, ist keine Brücke zu schlagen, und alle jene zahlreichen Versuche, die von den verschiedensten Seiten gemacht worden sind, rein innerliche Vorgänge erklären zu wollen durch das physikalische oder physiologische Experiment, beruhen auf Nichts Anderem, als auf der Verwechselung zwischen der äusseren Ursache einer Empfindung, und dieser Empfindung selbst. Man vergisst dabei gänzlich, dass wir alle Aussendinge mittelst unserer Empfindungen allein zu analysiren vermögen, und daher diese letztere natürlich nicht Gegenstand einer Analyse werden können, die ja eben erst durch sie selbst allein möglich ist.

Alles was wir von den Dingen der Aussenwelt wissen können ist das, wie sie uns selbst erscheinen. Zur Aussenwelt gehören aber nicht nur etwa die ausserhalb unseres eignen Organismus befindlichen Dinge, sondern auch dieser Organismus selbst mit allen seinen Einzelnheiten. Wir können daher, je weiter unsere Wissenschaft fortschreitet, Einsicht in die wundervollsten Details der physiologischen Vorgänge innerhalb unseres Gehirns erhalten; aber was wir alsdann einsehen können, werden nur physikalische oder chemische Prozesse sein. Zwischen dem physiologischen Prozess aber, der bei einer supponirten Durchsichtigkeit des Gehirns und einer unendlich gesteigerten Fähigkeit, die elementar-

sten Prozesse wahrzunehmen, in dem Moment vor sich geht, in welchem irgend Etwas, z. B. ein Ton, oder eine Farbe wahrgenommen wird, und dem Ton oder der Farbe selbst gähnt eine unübersteigliche Kluft, die Kluft, welche die äussere Erscheinung von der inneren trennt. Um über unsere Empfindungen als solche etwas zu erfahren, bleibt uns demnach Nichts übrig, als die psychische Selbstbeobachtung und das rein speculative Denken. In unserem eigenen Bewusstsein allein können wir die Gesetze suchen, nach denen wir empfinden und denken. Freilich können wir nicht hoffen über das eigentliche Wesen derselben etwas zu erfahren, sondern nur über die innere Erscheinung. Denn wie wir uns auch drehen und wenden mögen, so gelangen wir niemals über die Grenzen hinaus, welche durch unser eigenes Erkenntnissvermögen uns gezogen, und welche die Kantische Philosophie uns gezeigt hat. Ein jedes Streben, darüber hinaus zu gelangen gleicht, wie Kant's grosser Nachfolger sagt, nur den Anstrengungen des Gefangenen, undurchdringliche Kerkermauern zu durchbrechen.

Wenn wir nach solchen Grundsätzen, welche durch Ewald Hering's Bemühungen in unserem Specialfache wieder Geltung zu erlangen beginnen, uns vorurtheilslos selbst beobachtend fragen, auf welche Grundempfindungen sich alle farbigen Eindrücke, deren wir fähig sind, reduciren lassen, so kommen dabei vier heraus, Roth, Grün, Gelb, Blau. Keiner von diesen entsprechenden Eindrücken hat irgend welche Aehnlichkeit mit dem andern, Gelb ist etwas durchaus anderes als Roth, Grün etwas anderes als Gelb, und Blau ist endlich wiederum von Grün durchaus verschieden. Man kann allerdings nur an das Selbststudium

und die dem entsprechende unbefangene Aussage des Denkenden appelliren, und es ist bis jetzt noch nicht allgemein gelungen, den Satz von den vier Grundfarben zur allgemeinen Anerkennung zu bringen. Fast alle Gegengründe jedoch, die bisher gegen die Hering'schen Deductionen geltend gemacht worden sind, beruhen auf weiter Nichts als auf der alten Verwechslung von objectiver und subjectiver Farbe, da sie aus Farbenmischungsversuchen, wie etwa mit lichtstarken Spectren, abgeleitet sind. Nur von einer einzigen ophthalmologischen Autorität habe ich selbst einmal Einwendungen machen hören, die sich auf die eigne Empfindung gründeten. Der betreffende, durch seine vortrefflichen Arbeiten wohlbekannte Forscher behauptet, dass für ihn alle möglichen Farbenempfindungen eine continuirliche Reihe bilden, und nicht in sich verschieden seien. So sei Gelb für ihn ein Uebergang zwischen Roth und Grün, sei aber dem Roth entschieden ähnlicher als dem Grün. Ebenso sei etwa Orange für ihn eine einheitliche Empfindung, und mache nicht, wie Hering wolle, den Eindruck von Roth und Gelb zu gleicher Zeit. Auch sei in Bezug auf die Bestimmung der Grundfarben unser Urtheil derartig beeinflusst, dass man solche dazu zu wählen geneigt sei, deren überwiegenden Eindruck man im Gedächtnisse habe. Allein diesem letzteren Argumente muss man entgegenstellen, dass wir selten reine Farben sehen. Dies gilt in erster Linie vom Gelb, gegen dessen Einreihung unter die Grundfarben sich die Gegner der neueren Theorie ganz besonders sträuben. Ein ganz reines Gelb, das weder ins Rothe noch ins Grüne spielt, sehen wir selten, in der Natur sowohl, wie in den uns umgebenden Kunsterzeugnissen,

weit eher rein sehen wir Roth, Grün und Blau, gegen die man als Grundfarben ja auch niemals viel einwandte. Viel eher also könnte man sagen, da wir meistens unreine, gemischte Farbenempfindungen haben, wird unser Urtheil so beeinflusst, dass wir uns über die eigentlichen Grundempfindungen überhaupt nicht so leicht klar werden.

Von grosser Wichtigkeit hierbei ist auch die Einführung nicht deutscher Ausdrücke gewesen, deren Anwendung man aus der Farbenlehre gänzlich verbannen sollte. Orange ist doch offenbar keine besondere Farbe, ja nicht einmal ein specifischer Farbenausdruck. Er bezeichnet nur eine Reihe rothgelber Töne. Ebenso ist offenbar Violett gar kein specifischer Farbenausdruck. Auch Rosa, Purpur, Carmin und dergleichen sind Ausdrücke, die aus einer jeden wissenschaftlichen Farbentheorie verbannt werden sollten, da sie sämmtlich nichts als gewisse Mischungsverhältnisse von Roth und Blau, und diese noch dazu sehr unbestimmt ausdrücken. Wir besitzen schlechterdings keine Farbenempfindungen, die nicht durch die vier Worte: Roth, Blau, Grün, Gelb und deren Combinationen mit Ausnahme der unmöglichen Rothgrün und Blaugelb auszudrücken wären. Wir sehen ausser den vier Grundfarben nur noch Rothgelb und Gelbroth, Rothblau uud Blauroth, Gelbgrün und Grüngelb, Blaugrün und Grünblau, alle andern noch so zahlreichen Ausdrücke sind nichts als unbestimmte Andeutungen des Mischungsverhältnisses, und in nicht seltenen Fällen auch noch des Grades der Beimischung weissen Lichtes, die Nuance resp. die Helligkeit ist miteingerechnet. So wird Violett mit Weiss gemischt zu Rosa, Dunkelblau mit Weiss gemischt Cyanblau etc. — Nachdem wir also dahin gelangt

sind, 4 Grundempfindungen, oder wenn man so will, 4 subjective Grundfarben anzunehmen, können wir auf unserem Wege weiter fortschreiten, auch dem objectiven Farbenmischungsgesetz ein subjectives gegenüberstellen.

Während nämlich objectiv Roth nnd Grün miteinander gemischt Gelb geben kann, und Gelb mit Blau gemischt Grün etc., so finden wir, dass subjectiv genommen ein derartiger Satz sinnlos wäre. Denn die Empfindung Roth kann mit der Empfindung Grün nicht gemischt werden, wie die objectiven Farben, wir sind nicht im Stande einen rothen und einen grünen Farbeneindruck gleichzeitig wahrzunehmen. Der Eindruck des Roth kann verändert werden durch einen gleichzeitig bestehenden differenten Farbeneindruck, so dass wir die unreine, die gemischte Empfindung des Rothgelb oder des Rothblau in verschiedenem Verhältniss bekommen, eine rothgrüne Empfindung erhalten wir niemals, obwohl a priori gar nicht einzusehen ist, warum dies nicht möglich sei.

Ebensowenig wie Roth und Grün innerhalb der Empfindung selbst sich zu einer gemischten Empfindung vereinigen können, so wenig ist dies mit Blau und Gelb der Fall. Wir haben eine blaugrüne und eine gelbgrüne Empfindung aber niemals eine blaugelbe. Wenn also Blau und Gelb objectiv Grün geben, und Roth und Grün objectiv Gelb, so zerstören sich, subjectiv genommen, diese Farben, sie heben sich als Empfindungen auf. Wegen dieses feindseligen Verhaltens nennt man sie sehr passend antagonistische Farben. Es muss dies auf einer besondern Construction unseres Sehorganes beruhen, und es ist sehr wohl denkbar, dass auf anderen bewohnbaren Planeten es Menschen gebe,

die einer roth-grünen und einer blau-gelben Mischempfindung ebenso gut fähig sind, wie wir einer roth-gelben oder blau-grünen. Man nannte die antagonistischen Grundfarben bekanntlich früher complementäre. Sie sind dies aber nur unter gewissen Umständen, nämlich dann, wenn einem rothen Pigmente ebenso viel Gelb, als einem grünen Blau beigemischt ist, oder einem gelben soviel Roth, wie einem blauen Grün. Im anderen Falle giebt die Mischung nicht Grau oder Weiss, sondern Gelb oder Grün. Es ist aber vor allen Dingen klar, dass sich der Ausdruck der Complemente nur auf objective Farbenmischungen beziehen kann, aber nicht auf etwas gemeinschaftlich Empfundenes. — In seiner ganzen Tragweite hat dies wichtige Gesetz erst in neuester Zeit Ewald Hering gegeben. Die historische Gerechtigkeit aber erfordert es, die erste Entdeckung desselben unserem Göthe zuzuschreiben, der nur den Fehler machte, bei Aufstellung von Grundfarben, zu denen auch er Roth, Gelb, Blau wählte, sich an die objectiven Mischungsresultate zu halten, und demnach die völlige Trennung von Objectivität und Subjectivität nicht durchführte. Die Hauptsache aber, dass Roth und Grün, Blau und Gelb sich nicht in der Empfindung mischen, hat er, wie aus vielen einschläglichen Stellen seines Buches hervorgeht, vollkommen richtig erkannt, und sogar schon den richtigen Ausdruck gefunden. Hering nennt die Farbenpaare antagonistische, Göthe nennt sie entgegengesetzte, auch sich fordernde Farben, die sich zerstören. Auf seiner klaren Erkenntniss dieses Gesetzes basirte zum grossen Theile auch seine Polemik gegen Newton, der die subjective Seite der Frage zu wenig berücksichtigte, ja in einzelne grobe Irrthümer verfiel, die

Göthe durch den Contrast, dessen Erscheinungen ja das Gesetz der antagonistischen Farben illustrirt, richtig erklärte, wie z. B. die Farbenerscheinungen in der Taucherglocke, für die Newton eine ganz falsche und unbehülfliche Erklärung gegeben hatte.

Halten wir also den Standpunkt fest, von welchem wir ausgingen, so haben wir unsere weiteren Untersuchungen mit Berücksichtigung der kurz zu recapitulirenden Grundgesetze vorzunehmen:

1) Die Mannichfaltigkeit unserer Farbenempfindungen löst sich auf in 4 Grundempfindungen, Roth, Grün, Blau, Gelb.
2) Diese beiden Farbenpaare — rein als Empfindungen betrachtet — stehen in einem antagonistischen Verhältniss zu einander.

Dies antagonistische Verhältniss zeigt sich, wie bekannt, sehr deutlich in allen Erscheinungen der successiven wie simultanen Contraste. Hier können niemals an ein und derselben Stelle des Raumes zwei Farben combinirt gesehen werden, wenn sie Roth und Grün, oder Gelb und Blau sein sollten. Dagegen tritt, wenn das Auge durch die eine Farbe erregt worden ist, sofort die entgegengesetzte auf; bei rother Beleuchtung ein grünes Nachbild, bei grüner Beleuchtung ein rother Schatten etc. Diese Contrasterscheinungen haben daher eine gewisse Aehnlichkeit mit den electrischen; wie positive und negative Electricität sich aufheben, so zerstören sich zwei antagonistische Farben, wie negative Electricität neben der positiven auftritt, so die antagonistische Farbe eines Schattens neben der inducirenden Beleuchtungsfarbe. In der That hat bereits

A. Classen in seinem sehr lesenswerthen Buche: „Physiologie des Gesichtssinnes, zum ersten Mal begründet auf Kant's Theorie der Erfahrung“ die Hypothese aufgestellt, dass die der Farbenempfindung zu Grunde liegenden retinalen Vorgänge auf electrische Bewegungen in den Körnern zurückzuführen seien. Dass in der Körnerschichte jene betreffenden Organe zu suchen seien, ist wahrscheinlich gemacht durch pathologische Beobachtungen.

Bei einer Anzahl amblyopischer Erkrankungen und innerer Entzündungen, die sich in der Stäbchenschicht abspielen, bleibt nämlich der Farbensinn erhalten; da derselbe an der Macula lutea am ausgeprägtesten sich zeigt, und hier die Nervenfaserschicht dicht an die beiden äussersten Schichten stösst, so bleibt ausser der äusseren Körnerschicht in der That keine weiter übrig, in welcher wir die betreffenden Organe suchen können.

Eine weitere Bestätigung dieser Ansicht liefert die Boll'sche Entdeckung, welche nach alledem was wir bis jetzt darüber wissen, uns zu dem Schluss berechtigt, dass wir in der Stäbchenschicht die specifische Lichtempfindung vermittelnden Endorgane zu suchen haben. Zwar hat Boll, wie es scheint, den Versuch machen wollen, aus der verschiedenen Wirkung des farbigen Lichtes auf die Stäbchenschicht, auch die physiologische nächste Ursache der Farbenempfindung in die Stäbchenschicht zu verlegen; er hat sogar geglaubt, dass jene freilich im höchsten Grade interessanten Veränderungen unter farbiger Beleuchtung eine weittragende Bedeutung hätten, indem sie darauf hinwiesen, dass eine grosse Congruenz bestände zwischen unseren Empfindungen und den Dingen der Aussenwelt.

Allein hier stossen wir wieder auf die besonders von Ewald Hering mit Recht getadelte Verwechslung zwischen der Ursache einer Empfindung und dieser selbst, zwischen der äusseren und inneren Erscheinung. Wenn beim Einfall grünen Lichtes die Retina wirklich in der Stäbchenschicht eine grünliche Farbe erhält, was hat dies mit der Empfindung des Grün an sich zu thun! Die Farbenveränderungen auf der Retina gehören zur äusseren Erscheinung, es besteht ja kein Unterschied, ob ich die Retina oder einen Baum grün gefärbt sehe; denn nur ein anderer kann meine Retina gefärbt sehen, nicht ich, und wir erhalten daher keinen grösseren Aufschluss über das Wesen unserer Empfindungen durch die Beobachtungen der Farbenveränderungen unserer Retina, als durch die Beobachtung beliebiger anderer. Unsere Farbenempfindungen sind wie jede andere, Functionen unseres Selbstbewusstseins, und eine Physiologie desselben in dem Sinne, wie manche wollen, wird uns nie zu vollenden gelingen, da alle Prozesse, die wir überhaupt beobachten, in unserem Selbstbewusstsein liegen, aber nicht unser Bewusstsein in diesen Prozessen. Doch zu unserem eigentlichen Thema.

Die Erscheinungen der Farbenblindheit sind seit langer Zeit schon bekannt, und haben immer das Interesse der Physiologen in hohem Grade erregt. Die erste wirklich bedeutendere Arbeit über diesen Punkt stammt indessen erst von Seebeck. Er theilte die Farbenblinden, soweit seine von unserem Standpunkt aus freilich ungenügenden Beobachtungen reichten, in 2 Classen. Beide hatten das Gemeinsame, dass sie Roth und das complementäre Grün nicht unterscheiden konnten, doch bestand innerhalb dieses

Rahmens ein Unterschied insofern, als die einen Roth von Blau zu unterscheiden im Stande waren, die andern nicht. Dass Seebeck das Gesetz des Antagonismus in Bezug auf die Farbenblindheit gelten liess, ist ganz unzweifelhaft. War er doch übrigens ein Anhänger von Göthe's viel geschmähter Farbentheorie, wie aus Schopenhauer's hinterlassenen, von Frauenstädt veröffentlichten Briefen hervorgeht. Sie werden sich, h. A., hierüber gewiss sehr wundern, indem sie sich des allgemeinen Verdammungsurtheils gegenwärtig sind, das gegen die Polemik Göthe's gegen Newton geschleudert worden ist. Wenn man sich die Mühe nimmt, diesen Theil des Göthe'schen Werkes genau zu studiren, lernt man auch hier milder urtheilen. Wir müssen bedenken, dass die verschiedene Brechbarkeit des Lichtes erst voll und klar durch die Entdeckung der Spectralanalyse bewiesen worden ist. Wenn auch Newton's Ingenium die Wahrheit richtig erkannt hatte, und zwar wie alle Ingenien, mehr intuitiv als deductiv, so waren seine äusseren Hülfsmittel nicht der Art, dass er seine Sätze exact hätte beweisen können. So lange bei der zweiten Brechung eines aus dem Spectrum ausgeschiedenen farbigen Lichtbündels noch farbige Ränder vorhanden waren, und bei den Newton'schen mit unvollkommenen Mitteln ausgeführten Experimenten konnte dies nicht anders sein, hatten Newton's Gegner ein volles Recht, seine Theorie anzuzweifeln. Erst der völlige Ausschluss ungebrochenen weissen Lichtes, wie unsere vervollkommneten Vorrichtungen ihn möglich machen, war voll- und endgültig beweisend für die Newton'schen Sätze.

Mit der Wiederbelebung der Young'schen Theorie

gerieth das Gesetz des Antagonismus bis zu seiner Wiederentdeckung durch Ewald Hering in völlige Vergessenheit. Von Arthur Schopenhauer, in dessen sehr lesenswerthem Schriftchen über die Farben — lesenswerth trotz vieler Ungereimtheiten — das Gesetz des Antagonismus auf das schärfste betont worden, sprach, ja spricht auch heute Niemand mehr. Vielleicht werden jetzt, wo man einzusehen beginnt, dass das speculative Denken das Experiment unterstützen muss und die Philosophie Aussicht hat, die ihr gebührende, durch Hegel und Genossen discreditirte Stellung wieder einzunehmen, auch die Bestrebungen solcher Denker, wie Göthe und Schopenhauer, wieder anerkannt werden. Nicht nur dass das Gesetz des Antagonismus gar nicht berücksichtigt wurde, ja, der Young'schen Theorie zu Liebe theilte man die Farbenblinden ein in Rothblinde und Grünblinde, und schrieb diese Eintheilung in allen Handbüchern dem alten Seebeck zu, dem solches gar nicht im Mindesten in den Sinn kommen konnte, ja der scharf das Gegentheil betonte.

Wenn wir die zuletzt angeregte Frage entscheiden wollen, so ist dies nicht möglich vermittelst der bisherigen Methoden, die darin bestanden, farbige Muster sortiren oder Spectralfarben vergleichen zu lassen. Farbenblinden fehlen bestimmte Farbenempfindungen, aber keineswegs die entsprechenden sprachlichen Ausdrücke der Normalfarbensichtigen; sie werfen daher die Ausdrücke in der Regel ganz bunt durcheinander. So ist es durchaus nicht selten, dass Leute die kein Roth sehen, etwas was sie Gelb sehen, als Blau bezeichnen. Sie haben durch Frfahrung gelernt, dass Normalfarbensichtige etwas einmal Roth nennen, was

ihnen Gelb vorkommt, ein andermal etwas Roth nennen, was ihnen Blau erscheint. Sie nennen daher, indem sie ihre mangelhafte Empfindung durch ihr Urtheil und ihre Erfahrung zu corrigiren versuchen, etwas was ihnen Gelb scheint, mitunter Roth, und ebenso Blau. So können sie denn auch die Ausdrücke Roth und Blau als Synonyme für etwas gebrauchen, von dem sie vermuthen, dass Normalsichtige es Roth nennen würden. Man muss sich demnach, wenn man die Empfindungen der Farbenblinden studiren will, von dem Urtheil derselben unabhängig machen.

Es ist das nicht schwer, wenn man zur Untersuchung farbenblinder Personen Contrastfarben benutzt. Die farbigen Schatten, welche so leicht in der schönsten Weise zu produciren sind, eignen sich hierzu in erster Linie. Nimmt ein Auge einen farbigen Schatten nicht wahr, sondern sieht es ihn einfach für einen gewöhnlichen Schatten an, so ist es blind für die inducirende Farbe, dies ist a priori klar. Man kann also, indem man ein Auge zwingt, durch inducirte rothe Beleuchtung einen Schatten grün, durch blaue Beleuchtung einen Schatten gelb zu sehen etc., also das Auge nöthigt, alle jene Farben, welche es zu empfinden fähig ist bei der Einwirkung objectiven Lichtes, subjectiv zu erzeugen, leicht erkennen, welche Farben es nicht zu erzeugen vermag. Um auf dem Wege einer derartigen Untersuchung zu bestimmten Resultaten zu gelangen, muss man nur solche Individuen wählen, die kein Interesse daran haben, die Farben richtig zu unterscheiden. Dieselben haben dann einfach anzugeben, ob sie eine Farbe auf dem Schatten wahrnehmen oder nicht. Der Name, den sie der Farbe, welche sie deutlich sehen, beilegen, thut nichts zur Sache.

Dass man, wenn es möglich ist, intelligente und wo möglich gebildete Personen zur Untersuchung wählt, ist selbstverständlich. Ich selbst bin in der glücklichen Lage gewesen, zuerst eine grössere Reihe intelligenter und auch gebildeter Farbenblinder mittelst der angegebenen Methode untersuchen zu können. Die Resultate waren übereinstimmend: Es wurden zwei antagonistische Farben, Roth und Grün, oder Blau und Gelb auf den Schatten gesehen. Das Auge erzeugt subjectiv entweder nur Gelb und Blau, oder nur Roth und Grün. Bei grüner und rother Beleuchtung einerseits, bei blauer und gelber andererseits wurden die Schatten entweder ganz dunkel gesehen, oder wenn ausnahmsweise eine Färbung wahrgenommen wurde, so war dieselbe, wie sich leicht nachweisen liess, entweder durch die unreine Färbung des Glases, oder durch einfallendes weisses Licht bedingt. Denn natürlich, wenn bei einer entschieden gelb-rothen Färbung der inducirenden Platte der complementäre Schatten grünlich-blau ist, so erscheint derselbe dem farbenblinden Auge blau, und ebenso wenn bei rother Beleuchtung noch weisses Tageslicht oder ungefärbtes Lampenlicht einfällt. Es liegt auf der Hand, dass derartige abnorme Reactionen sehr leicht zu vermeiden sind, und zwar am sichersten dadurch, dass man im dunklen Zimmer operirt, und die zweite Lichtquelle entsprechend färbt. Wenn man z. B. eine roth-gelbe Platte hat, so lässt man kein ungefärbtes Lampenlicht auf den Schirm fallen, auf welchem sich der Schatten befindet, sondern gelbgefärbtes etc., damit kein ungefärbtes Licht mit gelbem contrastirend dem Schatten eine blaue Färbung verleihen kann. Indessen kommt es hierauf im Ganzen wenig an.

Wem es Vergnügen macht, mag immerhin die Methode modificiren und ihr einen besonderen Namen geben; es ist nicht schwer, ein halbes Dutzend Variationen aufzustellen, die Hauptsache bleibt die, dass das Auge die Farben, die es zu empfinden vermag, selbstständig aus sich heraus zu erzeugen gezwungen wird. Auch bleibt es sich aus eben diesem Grunde gleich, ob man einen oder zwei Schatten benutzt, d. h. ausgeprägte, von 2 Lichtern herrührende Schatten, denn die Reflexionsverhältnisse sind fast immer der Art, dass ein Hauptschatten und ein oder mehrere Nebenschatten entstehen. — Alle diese Versuche führen, wie bereits bemerkt, zu dem Resultate, dass entweder die Empfindungen Roth und Grün, oder die von Blau und Gelb, oder endlich sämmtliche Farbenempfindungen fehlen.

Nach diesen Versuchen wären die Farbenblinden einzutheilen in:

1) Roth-Grünblinde,
2) Blau-Gelbblinde,
3) Total-Farbenblinde, welche übrigens ein relativ geringes Interesse bieten.

Einer solchen Eintheilung steht heute noch diejenige gegenüber, welche der alten Young'schen Hypothese entspricht, nämlich in:

1) Rothblinde,
2) Grünblinde,
3) Violettblinde.

Abgesehen davon, dass diese Eintheilung so zu sagen am grünen Tische aufgestellt worden ist, sprechen alle Beobachtungen, die man an farbenblinden Personen machen

kann, dagegen. Gewöhnlich abstrahirt man eine Theorie aus einer Anzahl Beobachtungen. Die Young'sche Theorie jedoch zeigt die Eigenthümlichkeit, dass man alle Beobachtungen mit der Theorie tant bien que mal zu vereinigen gesucht hat. Nach der Young'schen Theorie muss das spectrale Roth und Gelb dem Rothblinden grün, dem Grünblinden spectrales Gelb und Grün roth erscheinen. Niemals aber erscheint einem Farbenblinden spectrales Roth grün, sondern nur gelb, und niemals erscheint spectrales Grün roth, sondern nur gelb oder blau. Von den Violettblinden hat man ferner behauptet, dass ihnen spectrales Gelb weiss, und spectrales Violett grün erscheine; diejenigen Autoren, welche diese Behauptung aufstellten, haben eben die Abstractionen am Schreibtisch gemacht, und selbst niemals einen Violettblinden gesehen. In der That giebt es keine Leute, die nur violettblind wären, sie sind blaugelb-blind. Das spectrale Violett erscheint ihnen entweder gar nicht, wenn, wie in den meisten der bisher beobachteten Fälle, das Spectrum hochgradig verkürzt ist, oder wenn das Spectrum die normale Länge hat, erscheint das Violett roth. Ebenso erscheint spectrales Gelb nicht weiss, sondern immer glänzend roth; die Natronlinie wird mit der Lithionlinie identisch gesehen. Weiss, resp. Hellgrau erscheint diesen Leuten ein sehr stark in's Grüne fallendes Gelb.

Die Art und Weise, auf welche man sich von der Richtigkeit dieser Behauptungen überzeugen kann, ist eine mehrfache. Zunächst muss man die Resultate der Contrastprüfung vergleichen mit denen, welche die Vergleichung der einzelnen hellen Spectrallinien liefert. Es werde z. B.

von einem Farbenblinden angegeben, dass ihm die Natronlinie und die Lithionlinie gleich gefärbt erscheinen, so weiss man natürlich a priori durchaus nicht, ob die empfundene Farbe roth, oder grün, oder gelb ist. Hat aber derselbe Farbenblinde bei der Prüfung mittelst der farbigen Schatten auf dem rothen und grünen keine Farbe wahrgenommen, wohl aber auf dem gelben und blauen, so folgt hieraus, dass die Farbe, in welcher ihm die Spectrallinien erscheinen, nur die gelbe sein kann. Denn Gelb empfand er ebenso mittelst der Contraste, wie das normale Auge, folglich musste ihm auch die Natronlinie, wie dem normalen Auge gelb erscheinen, folglich auch die rothe Lithionlinie. Die auf diesem Wege verfolgte Untersuchung derjenigen Farbenblinden, welche mit farbigen Schatten geprüft, nur Gelb und Blau empfinden, führt ganz übereinstimmend zu dem Resultate, dass dieselben Roth und Grün als Qualitäten überhaupt gar nicht empfinden, und im Spectrum nur Gelb und Blau sehen. Umgekehrt sehen diejenigen, welche bei der Contrastprüfung nur Roth und Grün erkennen, auch im Spectrum nur diese beiden Farben, und empfinden Gelb und Blau als Qualitäten überhaupt nicht. Die letztere Art der Farbenblindheit ist selten, die erstere dagegen, wie jetzt bekannt, eine alltägliche Erscheinung, und muss man sich daher hauptsächlich an die dieser Klasse angehörenden Personen halten, um das vorhin Vorgebrachte zu beweisen. Es fällt bei einiger Mühe auch gar nicht schwer, gelehrte Farbenblinde zu finden, welche ihre eigenen Empfindungen und deren Defecte sehr genau studirt haben, und die übereinstimmend versichern, dass sie nur Gelb und Blau sehen, dagegen von Roth und Grün keinen Begriff hätten. — Die

heute noch von einzelnen Autoren vertheidigte Eintheilung in Rothblinde und Grünblinde gesondert, gründet sich auf gewisse, wie man meint, charakteristische Verwechslungen von Pigmenten. So sollen die Rothblinden Purpur mit Grau verwechseln, die Grünblinden Grün mit Grau. Es lässt sich aber sehr leicht nachweissen, dass alle jene Verwechslungen zu gleicher Zeit von Farbenblinden der beiden supponirten Klassen begangen werden müssen. Ich selbst bin in der glücklichen Lage gewesen, einen sehr gebildeten Farbenblinden kennen zu lernen, der früher Maler gewesen war. Von demselben konnte ich mir die Verwechslungstöne entwerfen lassen, und die Scala, welche auf diese Weise erhalten wurde, passte ganz genau für alle übrigen Farbenblinden dieser Klasse. Wo mir irgend ein Farbenblinder aufstiess, oder von den verschiedenen Eisenbahn-Directionen zugeschickt wurde — sofern derselbe nicht blaublind war — verwechselte er auch die auf der Scala vorhandenen Farbentöne. In Bezug auf den Mangel der farbigen Empfindungen sind demnach alle diese Farbenblinden, so zu sagen, über einen Leist geschlagen, und die Differenzen zwischen Einzelnen beziehen sich auf die Differenzen in der Empfindlichkeit für homogenes Licht, welche dann ihrerseits bewirken, dass objective Farben auf Farbenblinde der nämlichen Kategorie doch einen verschiedenen Eindruck machen. Die Blindheit für eine bestimmte Farbe als Qualität hängt nämlich an und für sich durchaus nicht zusammen mit der Empfindlichkeit für farbiges Licht als solches. Es kann einerseits die Empfindlichkeit für z. B. Roth völlig normal und doch wirkliche Rothblindheit da sein, wie andererseits die Lichtempfindlichkeit für Roth sehr geschwächt sein

kann, während der Sinn für die Farbe keineswegs verloren gegangen ist. Sehr lehrreich für diese Unabhängigkeit von Licht- und Farbensinn sind zahlreiche pathologische Beobachtungen. So kann man in den fortgeschrittensten Stadien des Glaucom oder der Chorioretinitis noch völlig normalen Farbensinn — qualitativ genommen — beobachten, während man nach centralen Scotomen, die wahrscheinlich auf kleine Apoplexieen im Th. opticus zu beziehen sind, bei völlig wiederhergestellter Lichtempfindung Farbenblindheit findet. Es kommt auch bei dieser Affection das Umgekehrte vor. Kurz, alle diese Thatsachen sprechen dafür, dass es zwei völlig von einander verschiedene Centren im Gehirn gebe, welche Licht- und Farbensinn gesondert in der äussern Erscheinung repräsentiren, ja es ist sogar wahrscheinlich, dass bereits im Sehnerven die Licht- und Farbenempfindung vermittelnden Fasern vollständig getrennt verlaufen. Indessen müssen andererseits nothwendigerweise diese beiden Centren mit einander in Verbindung stehen, weil bis zu einem gewissen Punkte eine die Lichtempfindung begleitende Farbenempfindung Function der ersteren ist. Es kommt nun bei farbenblinden Personen nicht selten vor, dass ausser der Unfähigkeit, bestimmte Farbenqualitäten wahrzunehmen, auch die Lichtempfindlichkeit keine normale ist, und zwar bezieht sich dieser Mangel an Lichtempfindlichkeit, soweit wir wenigstens bis jetzt ihn prüfen können, entweder auf das linke oder das rechte Spectralende. Bei einigen Personen findet man nur eine etwas herabgesetzte Empfindlichkeit für rothes oder blaues Licht, bei anderen aber verringert sich dieselbe bis zur völligen Blindheit für rothes oder violettes Licht, so dass hier nicht nur eine

Farbenblindheit, sondern auch eine wirkliche, wenn auch partielle Amaurose vorhanden ist. Man glaubte früher, diese Verkürzung des Spectrum sei characteristisch für eine bestimmte Art von Farbenblindheit; bei Rothblindheit sei die linke, bei Violettblindheit die rechte Hälfte verkürzt. Es lässt sich aber sehr leicht zeigen (z. B. durch die Contrastprüfung), dass kein wirklicher Unterschied besteht zwischen einem Rothblinden mit unverkürztem und einem solchen mit verkürztem Spectrum. Beide characterisiren sich dadurch, dass sie Roth und Grün als Farbenqualitäten nicht empfinden können. Dagegen bestehen Unterschiede zwischen ihnen in Beziehung auf die Art, wie ihnen objective Farben erscheinen. So erscheint das intensive spectrale Roth einem Farbenblinden mit unverkürztem Spectrum dunkelgelb, einem solchen mit verkürztem schwarz, ebenso folgerichtig auch objective Farbstoffe mit ähnlichem Ton. Grau wird einem Farbenblinden mit unverkürztem Spectrum eine gewisse Mischung von Roth und Blau, die für ihn gleich Gelb und Blau ist, erscheinen. Dem Farbenblinden mit verkürztem Spectrum, der das Roth nicht als Gelb wahrnimmt, erscheint diese Mischung bereits Blau. So kann ein und dasselbe Pigment, z. B. ein gewisses Rosa, einem Farbenblinden mit normaler Empfindlichkeit für rothes Licht gelblich-grau erscheinen, indem das Roth, von ihm Gelb gesehen, das Blau nicht nur zerstört, sondern auch etwas übertönt. Einem zweiten Farbenblinden mit etwas herabgesetzter Empfindlichkeit für Roth erscheint dieses Rosa völlig grau, einem dritten mit absoluter Unempfindlichkeit für spectrales Roth blau. Erscheint nun Rosa in einer bestimmten Nuance gelblich, so wird auch das diesem

Rosa complementäre Gelbgrün gelblich erscheinen, weil Grün dem Rothblinden, wie übereinstimmend die Versuche am Spectrum lehren, selbst dann noch gelblich erscheint, wenn das normale Auge keine Spur von gelblicher Beimischung im Grün mehr wahrnimmt. Wenn Grün demnach Grau erscheinen soll, so kann es nur Blaugrün sein, und sind demzufolge die beiden antagonistischen Töne, welche grau erscheinen, nicht complementär. Ist das Spectrum jedoch verkürzt, so können diese beiden Töne auch einmal complementär sein, indem Grünblau wie gewöhnlich grau erscheint, und Rothblau bereits blau, demnach Rothgelb schon grau erscheinen kann. Es wird demnach die Theorie der 4 Grundfarben, welche zu der Eintheilung in Roth-Grünblinde und Blau-Gelbblinde führt, sich ganz vortrefflich mit der Theorie Th. Lebers vereinigen lassen, der das Prinzip der Eintheilung in den Complementärfarben sucht, die von Farbenblinden mit Grau verwechselt werden. Ein Rothgelb-Grünblaublinder, nach der Theorie dieses Forschers, ist daher nach der unsrigen ein Roth-Grünblinder mit verkürztem Spectrum, oder stark herabgesetzter Empfindlichkeit für Roth, ein Grün-Purpurblinder Lebers ein Roth-Grünblinder mit normaler Empfindlichkeit für Roth. In letzterem Falle differirt aber die hier vertretene Anschauung von der Lebers, insofern die mit Grau verwechselten Töne nicht complementär sind.

Wie dem auch sei, ob Jemand der alten Young'schen Hypothese, oder der Theorie der 4 Grundfarben anhängt, für den Practiker lässt sich eine Versöhnung dieser beiden herbeiführen. Es ist hauptsächlich der mangelnde Farbensinn für Roth und Grün, der im practischen Leben eine Rolle

spielt, auf Eisenbahn- und Dampferlinien. Der mangelnde Farbensinn für Blau und Gelb kommt seltener in Betracht, und zwar nur auf Kriegsschiffen, welche auch mit diesen Farben die Signalsprache zu üben haben. Nach der Young'schen Theorie sehen die Rothblinden das Roth grün, die Grünblinden das Grün roth, beide Klassen haben damit das Gemeinsame, dass sie Roth und Grün nicht unterscheiden können, und so ist es gleichgültig, ob Jemand, der Eisenbahnbeamte oder Matrosen mit Rücksicht auf ihren Farbensinn zu prüfen hat, das eben Gesagte für richtig hält, oder nach der Theorie der 4 Grundfarben glaubt, dass es nur Roth-Grünblinde gibt, welche das Roth wie das Grün gelb, blau oder grau sehen, je nachdem die betreffenden Pigmente mehr oder minder gleiche Mengen der betreffenden Strahlen zurückwerfen. — Die wichtigste Frage bezüglich der Praxis ist die, wie erkennt man am schnellsten und sichersten die Blindheit für Roth und Grün, und es wäre daher unsere Aufgabe, die bisher geübten Methoden durchzugehen. Gänzlich absehen muss man in erster Linie von der Prüfung mit Spectralfarben. Die Farbenblinden sind bekanntlich in der Regel sehr geübt, durch Uebung und Aufmerksamkeit ihren Mangel zu ersetzen, und es ist ganz erstaunlich, bis zu welchem Grade des Unterscheidungsvermögens objectiver Farben es diese Leute bringen können. Abgesehen von den vielfachen Merkmalen, die die äussere Erfahrung ihnen an die Hand gibt, so dass das Gedächtniss eine Brücke schlägt zwischen ihnen bekannten Gegenständen und deren Farben, halten sie sich an die Farben, die sie wirklich empfinden, und an die Unterschiede der Lichtstärke. Wenn man

daher einem Farbenblinden recht helfen will, alle diese Merkmale anzuwenden, so muss man ihn mit Spectralfarben untersuchen. Nirgends sind die Farben so rein, nirgends die Unterschiede der Lichtstärke so gross, als im Spectrum. So wichtig daher für rein wissenschaftliche Zwecke die spectrale Prüfung ist, so wenig taugt sie für praktische. Abgesehen davon sind die Spectralapparate zu theuer, um für Massenprüfung verwendet zu werden.

Etwas ähnliches gilt von der Prüfung mit Contrastfarben. Hier fallen zwar die Kostbarkeit der Apparate und auch jene Nachtheile weg, welche durch die Möglichkeit entstehen, Unterschiede in der Farbe und der Lichtstärke zum richtigen Errathen verwenden zu können. Allein, da die zu Prüfenden merken können, dass wenn ihnen selbst ein Schatten dunkel erscheint, derselbe roth oder grün genannt werden muss, so haben sie bedeutende Chancen, richtig zu rathen. Man müsste daher eine sehr grosse Anzahl rother, grüner und farbloser Schatten entwerfen, um diese Methode für Massenprüfung verwendbar zu machen, oder eine längere Versuchsreihe mit jedem Einzelnen anstellen, was dann wieder zu weitläufig wäre. Auch dann bleibt das Urtheil der Farbenblinden über Farben nicht mit absoluter Sicherheit ausgeschlossen, da immer noch eine Wahrscheinlichkeit richtigen Errathens übrig bleibt. Diese Möglichkeit des richtigen Errathens bringt man auch nicht fort, wenn man eine Anzahl farbiger Wollproben, wie das in der letzten Zeit von verschiedenen Seiten angelegentlich empfohlen worden, sortiren lässt. Ganz einerlei, ob man dazu die ursprüngliche Seebeck'sche Methode, welche bekanntlich darin besteht,

dass der zu Prüfende aufgefordert wird, eine grosse Anzahl Wollfäden oder farbiger Papierstückchen etc. der Farbe nach zusammenzulegen, nimmt, oder die Holmgren'sche Modification, welche zu 3 im Voraus gewählten Musterfarben die gleichen aus den übrigen heraussuchen lässt, das Urtheil der Farbenblinden bleibt hierbei in voller, ungehinderter Thätigkeit. Die Unterschiede in den erkennbaren Farben also meistens Gelb und Blau — die Unterschiede in der Lichtstärke geben Merkmale an die Hand. Dazu kommt die Möglichkeit des richtigen Errathens. Ein jeder Farbenblinde, der objectiv Farben vergleicht, recurrirt nicht etwa einfach auf die Empfindungen, die er hat, sondern er fragt sich innerlich, wie würde man die oder die Farbe benennen müssen, und richtet darnach sein endgültiges Urtheil ein. Ob er den Namen einer Farbe laut ausspricht oder nicht, ist ja ganz gleichgültig. So können Farbenblinde, die offiziell untersucht werden, 2 farbige Muster zusammenlegen und für gleich ausgeben, die ihnen in Wahrheit ganz verschieden erscheinen, wie sie umgekehrt zwei Farben für verschieden ausgeben können, die ihnen nothwendig gleich erscheinen müssen. So ist es denn durchaus nicht so selten, dass Farbenblinde derartige Wollproben bald richtig, bald falsch, bald so, bald anders sortiren, und wenngleich selbstverständlich sehr viele Farbenblinde mittelst dieses Verfahrens entdeckt werden können, so entgehen andererseits gewiss Manche der Entdeckung, weil sie durch Uebung es im Unterscheiden der objectiven Farben weit haben bringen können. So übernehmen es bereits die Frauen der Eisenbahnbeamten, seit die Massenprüfungen in diesem Ressort obligatorisch geworden

sind, ihre Männer für das Examen vorzubereiten. Es ist daher, um eine sichere Prüfungsart zu gewinnen, nothwendig, das Urtheil der zu Prüfenden über Farben gänzlich zu eliminiren, dadurch, dass man sie überhaupt nicht über Farben urtheilen lässt. Dies ist sehr leicht möglich, wenn man von ihnen verlangt, dass sie farbige Buchstaben auf farbigem Grunde erkennen, und die Farben der Buchstaben wie des Grundes so genau wählt, dass sie einem Farbenblinden gleich erscheinen müssen. Ich erlaube mir eine Anzahl derartiger Buchstabentafeln herum zu geben. Sie sehen, dass die Buchstaben aus discontinuirlichen Quadraten gebildet sind, und dass die Quadrate der Buchstaben sowohl, wie des Grundes beträchtliche Abwechslungen in der Lichtstärke zeigen, es ist somit einem Farbenblinden jede Möglichkeit der Orientirung genommen, und es wird eine Kleinigkeit sein, in dieser Versammlung die vielleicht nicht wenigen Farbenblinden unter Ihnen sofort herauszufinden. Ebenso leicht, wie die Entdeckung wirklicher Farbenblindheit, ist mittelst dieser Methode die Entlarvung der Simulation, welche bereits sich unter dem Eisenbahnpersonal zu zeigen beginnt. Man braucht nur solche Farben zu wählen, die von einem jeden Farbenblinden unterschieden werden müssen, und dann ungleiche Lichtstärke zwischen je 2 zu verwechselnden Carreaux herzustellen. So nehme man den Grund z. B. dunkelroth, die Buchstaben blassgrün, ein wirklich farbenblindes Auge wird die Buchstaben sofort erkennen, der Simulant wird behaupten, die Buchstaben nicht lesen zu können und sich eben dadurch verrathen.

Es bleibt noch übrig, über die sogenannte historische Entwicklung des Farbensinnes einige Bemerkungen zu

machen, denn gerade hierfür hat man in der letzten Zeit sich besonders interessirt. Bekanntlich hat der berühmte Sprachgelehrte Lazarus Geiger die Behauptung aufgestellt, dass in den alten Sprachen kein Ausdruck für Blau und Grün vorhanden sei, und hat daraus direct geschlossen, dass die Alten diese beiden Farben überhaupt nicht hätten unterscheiden können. Diese Theorie hat bekanntlich eine Anzahl bereitwilliger Vertheidiger oder Anhänger gefunden, unter andern den ehemaligen Premierminister Gladstone. Es kann dem Laien allerdings nicht einfallen, gegen die sprachlichen Beweisgründe mit gleichen Waffen auftreten zu wollen, doch mag es mir erlaubt sein, auf den betreffenden Passus in der Göthe'schen Farbenlehre hinzuweisen, der sämmtliche Ausdrücke, welche die Griechen für Farben hatten, sorgfältig zusammengestellt hat. Göthe meint gerade entgegengesetzt, die Griechen hätten durch das Schwankende in den Ausdrücken das Flüchtige, Unstäte, leicht von Einem zum Andern übergehende, sich Steigernde oder Abfallende sprachlich ausgedrückt. Im Anschluss an diese Bemerkung kann es unser Einem wohl vorkommen, als ob *Κυανεος*, wenn es vom Haare des Hector, dem Barte des Odysseus, dem Trauergewande der Thetis etc. gebraucht wird, nicht schwarz, sondern schwarz-blau, bläulich-schwarz bedeute. Blauschwarzes Haar wird wohl unter dem südlichen Himmel der Griechen gerade so für eine besondere Schönheit gegolten haben, wie unter dem spanischen und italienischen unserer Tage; das Trauergewand der Thetis, wenn auch tiefschwarz, konnte einen bläulichen Schein haben, denn wie wir täglich beobachten können, reflectiren viele schwarze Pigmente sehr viel blaue Strahlen. Dieselben kommen zur

Wahrnehmung, sobald nur etwas Glanz vorhanden ist. Deshalb giebt bei der Mischung der Malerfarben auch Gelb mit Schwarz gemischt immer Grün, daher stammt auch die Verwandtschaft des Schwarzen mit dem Blauen, die Göthe besonders betont, nur freilich falsch gedeutet hat. Im Gegentheil, nicht für einen mangelhaften, sondern für einen sehr feinen Farbensinn der alten Griechen, scheinen Benennungen zu sprechen, wie „schwarze Veilchen", die „purpurne Meereswoge" etc., denn z. B. die Meereswellen sehen wirklich sehr häufig in Folge einer sehr gewöhnlichen Contrasterscheinung purpurfarbig aus. Uebrigens müssten die Veilchen den etwa blaublinden Griechen roth erschienen sein, wie den heutzutage beobachteten Blaublinden, und so scheint aus einem derartigen Beispiel erst recht hervorzugehen, dass mit dem Ausdruck „schwarze Veilchen", dunkle Veilchen gemeint sein. Heisst doch noch heutzutage bei den Italienern jeder Rothwein: Vino nero.

Aber die ganze Art der Beweisführung an und für sich steht nicht auf sicherem Grunde. Sie beruht auf der Voraussetzung, dass die Entwicklung der Sprache mit der der Empfindung gleichen Schritt halten müsse, was doch nicht richtig ist. Denn die tägliche Erfahrung an Menschen, ja wenn man will, an höheren Thieren, lehrt ausdrücklich, dass Empfindungen vorhanden sind, für welche kein sprachlicher Ausdruck vorhanden ist. Man beobachte doch den Entwicklungsgang eines Kindes. Wie unendlich lange dauert es verhältnissmässig, bis es für die grosse Anzahl von Empfindungen, deren es schon am Ende des ersten Jahres fähig ist, entsprechende Ausdrücke findet, wie lange dauert es nicht, bis ein Mensch die eigne Muttersprache gründlich

und gut erlernt, die für den Einzelnen doch als etwas Vollendetes gilt? Und sollte nicht ein ganzes Geschlecht auch einem Kinde zu vergleichen sein, dass sich im Laufe der Zeiten immer besser selbst beobachten lernt, und den schon lange vorhandenen Empfindungen erst ganz allmählich Ausdruck verleiht, zumal da für ein Geschlecht die Sprache nicht wie für den Einzelnen, etwas Abgeschlossenes ist, sondern ein sich ebenfalls stetig fortentwickelndes? Ist es mit einem Worte nicht ein falscher Schluss, aus dem mangelnden sprachlichen Ausdruck auf den Mangel der Empfindung zu schliessen? Etwas anderes noch wäre es, wenn die Ausdrücke überhaupt fehlten, aber es fehlen ja nur die sprachlichen, unseren entsprechenden deckenden Ausdrücke. Was jedoch schlagender als das bisher Gesagte gegen die Geiger'sche Theorie zu sprechen scheint, ist das Verhalten der Farbenblinden heutzutage. Unstreitig müssen die Anhänger der Geiger'schen Theorie annehmen, dass die Farbenblindheit ein an frühere Entwicklungszustände des Menschengeschlechtes erinnernder Zustand, ein Atavismus sei. Demgemäss müsste, wenn die Wirklichkeit der Geiger'schen Theorie entspräche, die Blaublindheit am häufigsten vorkommen. Dieselbe aber ist sehr selten, und es ist auch nicht ihre Erblichkeit nachgewiesen. Dagegen ist die Rothblindheit die gewöhnliche Form, und ihre Erblichkeit über allen Zweifel gestellt. Ebenso spricht das Gesetz der antagonistischen Farben gegen die Geiger'sche Ansicht. Wir sehen, dass wo die Empfindung Roth ist, dass da auch die von Grün ist, wo die eine fehlt, fehlt auch die andere. Genau entsprechende sprachliche Ausdrücke für Roth und Gelb haben die Griechen, folglich müssen

sie auch Gelb und Blau gesehen haben. Waren sie aber blind für Grün und Blau, nun so müssten sie überhaupt farbenblind gewesen sein. Von modernem Standpunkte aus würden wir daher die Geiger'sche Hypothese folgendermassen umändern müssen: Als sich beim Menschen die Organe, welche Farbenempfindung vermitteln, zu entwickeln begannen, traten zuerst diejenigen Elemente auf, welche die Empfindungen des Blauen und des Gelben vermitteln, später traten für Roth und Grün die entsprechenden Elemente auf. Es findet diese Vermuthung ihre Stütze in der überwiegenden Häufigkeit der Farbenblindheit für Roth und Grün zugleich. Ausserdem sind Roth und Grün Empfindungen, die einer gesteigerten, entwickelteren physiologischen Thätigkeit entsprechen, und muss man auch aus diesem Grunde ihnen eine spätere Entwicklungsperiode zuerkennen. Die Entwicklung der Sprache ging einen andern Gang. Als man überhaupt anfing, auf Farben aufmerksam zu werden und sprachliche Ausdrücke dafür zu bilden, da benannte man natürlicher Weise zuerst die auffallendsten, reizendsten Farben, und diese sind Roth und Gelb. Denn wenngleich das Gelbe als Farbe an und für sich keinen so intensiven Eindruck bedingt, als das Grün, so wird doch die gelbe Farbe dadurch, dass sie viel lichtstärker sein kann als die grüne, im gewöhnlichen Leben leicht zu einer grellen, das Auge reizenden. Mit gesteigerter geistiger Entwicklung richtete sich auch die Aufmerksamkeit des Menschen auf die weniger reizenden Farben, er bildete auch genau entsprechende sprachliche Ausdrücke für Blau und Grün.

Ein noch grösserer Fehler ist übrigens die versuchte Benutzung einer bis jetzt vereinzelten statistischen Unter-

suchung über die Farbenblindheit der Juden in Breslau zur Begründung dieser Theorie.

Ich schliesse, hochgeehrte Versammlung, mit dem Hinweise darauf, dass die Lehre von den Farbenempfindungen ein deutliches Zeugniss für den Beginn der philosophischen Reaction ablegt, die wir auf unserem ganzen grossen Gebiete bemerken können. Das Studium der Farbenlehre ist es hauptsächlich, welches zeigt, wie nicht das blosse Experiment, sondern auch das rein speculative Denken, mit dem ersteren verbunden, uns auf unseren mühevollen Wegen fördert. Zucken auch sehr Viele über die philosophischen Bestrebungen verächtlich die Schultern, wir haben eine Anzahl bedeutender Forscher, die auf die vergessenen Pfade Kant's zurückweisen. In ihrer Mitte begrüssen wir einen Mann, den selbst seine Gegner ehren müssen, der als Mitbegründer der modernen Physiologie als Experimentator das Mögliche geleistet; und deshalb um so fester den Philosophenweg aufwärts steigen darf — Emil Du Bois Reymond.

Druck von Gebr. Gotthelft in Cassel.

3

Ueber

Das Sehen der Farbenblinden.

Von

Dr. J. Stilling.

Mit 2 Tafeln in Farbendruck.

TEXT.

Cassel.
Verlag von Theodor Fischer.
1880.

Verlag von **Theodor Fischer** in **Cassel.**

Prospectus.

Demnächst erscheint und ist im Druck befindlich:

Lehrbuch
der
Gehirnkrankheiten
für
Aerzte und Studirende
von

Dr. C. Wernicke,
Docent an der Universität in Berlin.

Fig. 16. Convexität eines menschlichen Gehirnes (im frischen Zustande gezeichnet). *fS* Sylvische Spalte. *c* Centralfurche. *a* Praecentralfurche. *i* Interparietalfurche. *o* Parietooccipitalfurche. *k* Vordere Occipitalfurche. + + Uebergangswindungen vom Scheitel- zum Hinterhauptslappen. *c* Parallelfurche. *g* untere Occipitalfurche.

Circa 35 Bogen, mit 100 in den Text eingedruckten Holzschnitten.

Das unter diesem Titel erscheinende Werk wird eine Lücke ausfüllen, die sich längst dem ärztlichen Publicum fühlbar gemacht hat. Die bis jetzt vorliegenden Lehrbücher der Gehirnkrankheiten stehen

sämmtlich noch auf dem Standpunkt, den ein hervorragender Kliniker mit folgenden Worten kennzeichnete: Die Beziehungen der verschiedenen Hirntheile zu einzelnen Erscheinungen der Nerventhätigkeit, zu gewissen Formen der Innervation, zu den Vorgängen in den verschiedenen Organen oder Körpertheilen, die Frage nach den Funktions-Centren u. dergl. m., sind kaum in den gröberen Zügen einigermassen erörtert, die Widersprüche einzelner Erfahrungen entbehren noch grosstentheils einer gesetzmässigen Erklärung. (Hasse, die Krankheiten des Nervensystems, 2. Aufl. 1869, Vorwort S. 5.) Auch die Fortschritte, welche die Lehre von der Localisation in dem letzten Jahrzehnt gemacht hat, würden desshalb für sich nicht genügen, um den neuen Versuch einer systematischen Behandlung dieses Gebietes zu rechtfertigen. Denn ist nicht die auf dem neueren Boden erwachsene, an Masse kaum mehr zu bewältigende Casuistik ebenso reich an Widersprüchen, die ihrer gesetzmässigen Erklärung noch harren?

Der Vf. des angekündigten Buches hat sich nun von jeher bemüht, für die klinische Auffassung der Hirnerkrankungen allgemeine Normen aufzustellen, nach denen die sonst nur verwirrende Casuistik verwerthet werden kann. Wir verweisen in dieser Beziehung auf einige seiner früheren Arbeiten.

Demgemäss wird der Schwerpunkt des Buches auf die kritische Auswahl des zu bringenden casuistischen Materials gelegt. Die ausführliche anatomische Einleitung ist mit einer grossen Anzahl naturgetreuer Abbildungen ausgestattet, auf deren Herstellung besondere Sorgfalt verwendet worden ist.

Das Buch erscheint in 2 Hälften.

Die erste Hälfte hat folgenden Inhalt:

Erste Abtheilung: Einleitung. I. Anatomisch-physiologische Einleitung. II. Semiotik der Gehirnkrankheiten.

Zweite Abtheilung: Die Herderkrankungen nach der Krankheitsart. I. Die Hirnblutung. II. Die Hirnerweichung. III. Der Hirntumor. IV. Der Hirnabscess. V. Die sclerotischen Processe.

Inhalt der 2. Hälfte:

Dritte Abtheilung: Die Herderkrankungen nach dem Krankheitssitz. I. a) Herde der Hirnrinde. b) Herde des Marklagers. II. Herde der inneren Kapsel. III. Herde der Stamm-Ganglien. IV. Herde des Hirnschenkels. V. Herde

des centralen Höhlengrau's. VI. Herde der Brücke. VII. Herde der Oblongata. VIII. Herde des Kleinhirns.

Vierte Abtheilung: Die Allgemeinerkrankungen des Gehirns. I. Die Meningitis. II. Die progressive Paralyse.

Die erste Hälfte wird **im Herbst d. J.** zur Versendung gelangen und ist durch jede Buchhandlung zu beziehen.

Der Preis des ganzen Werkes wird, je nach der Stärke, M. 15 bis 20 betragen.

Die Verlagsbuchhandlung.

Druck von Gebr. Gotthelft in Cassel.

Ueber

Das Sehen der Farbenblinden.

Von

Dr. J. Stilling.

Mit 2 Tafeln in Farbendruck.

TEXT.

Cassel.
Verlag von Theodor Fischer.
1880.

Druck von L. Döll in Cassel.

Vorbemerkung.

Die erste Ausgabe der vorliegenden Abhandlung ist der medicinischen Facultät zu Strassburg als Habilitationsschrift vorgelegt worden. Dieselbe war von einem Atlas von acht Tafeln begleitet, dessen Herstellung sehr viel Mühe und Zeit in Anspruch genommen hat. Aus diesem Grunde ist die erste Ausgabe nur klein und der Preis des einzelnen Exemplares ein hoher. Die vorliegende Ausgabe giebt den Text unverändert mit Beziehungen auf den grösseren Atlas, von welchem die beigegebenen Tafeln nur einen im Interesse der Wohlfeilheit hergestellten Auszug bilden.

Die Tafeln dürften indessen den Lesern Genüge leisten, welche nicht ein ganz specielles Interesse an den Gegenstand fesselt. Falls sich das Bedürfniss dazu fühlbar machen sollte, wird die Verlagshandlung den Druck der grossen Ausgabe fortsetzen.

Cassel, April 1880.

Dr. Stilling.

Inhalt.

		Seite
I. Capitel.	Einleitendes	1
II. „	Prüfung durch Simultancontrast	14
III. „	Sehen der Farbenblinden im Allgemeinen . .	23
IV. „	Roth - Grünblindheit (Anerythropsie, Aglaucopsie, Achloropsie)	34
V. „	Blau-Gelbblindheit (Akyanopsie, Axanthopsie)	51
VI. „	Totale Farbenblindheit (Achromatopsie) . . .	59
VII. „	Zusätze	61
VIII. „	Practische Beziehungen	69
IX. „	Fragmente zur Pathologie	82

Erklärung der Tafeln.

Tafel I. Anschauliche Darstellung des Farbensystems der Roth-Grünblinden. Die Reihe I zeigt die Farben, wie sie dem normalen Auge erscheinen. Reihe II giebt das Farbensystem Roth-Grünblinder mit normaler Lichtempfindlichkeit für Roth, daher die dem Roth entsprechenden gelben und braunen Töne für das farbenblinde Auge gleiche Lichtstärke mit der Farbenreihe zeigen. Reihe III giebt das System Roth-Grünblinder mit herabgesetzter Lichtempfindlichkeit für Roth, die dem letzteren entsprechenden Töne sind daher etwas dunkeler als die der ersten Abart. Reihe IV giebt das System Roth-Grünblinder mit nach links verkürztem Spectrum, denen das reinste Roth schwarz erscheinen muss. Die übrigen Differenzen ergeben sich bei Durchsicht des Textes.

Tafel II. Reihe I und II. Anschauliche Darstellung des Farbensystems bei Blau - Gelbblindheit mit unverkürztem Spectrum.

Reihe III und IV. Anschauliche Darstellung des Farbensystems bei totaler Farbenblindheit und gleichmässiger Lichtempfindlichkeit für die einzelnen Farben.

I. CAPITEL.

Einleitendes.

Den ersten bemerkenswerthen Versuch, sich über das Sehen der Farbenblinden eine bestimmte Vorstellung zu bilden, hat Goethe gemacht. Er nahm an, dass den von ihm beobachteten Personen die Empfindung des Blauen gefehlt, und sie statt dessen einen diluirten Purpur gesehen hätten. Es ist leicht nachzuweisen, dass die von Goethe vermuthete Akyanoblepsie keine wirkliche Blaublindheit war, seine Farbenblinden vielmehr in die sehr zahlreiche Klasse der Roth- und Grünblinden gehörten. Aber wenn auch Goethe's Beobachtungen sehr mangelhaft waren, finden sich doch in seiner Darstellung mehrere Bemerkungen, auf die wir unten noch zurückkommen müssen. —

Wirklich systematische Untersuchungen über die Farbenblindheit stellte zuerst Seebeck an. Er begnügte sich nicht damit, sich mit seinen Farbenblinden zu unterhalten und sie die einzelnen Farben benennen zu lassen, sondern liess eine grosse Anzahl farbiger Muster sortiren, um die wichtigsten Verwechslungen festzustellen.

Auch untersuchte er bereits die spectralen Verhältnisse so genau, als es mit den damaligen unvollkommenen Mitteln anging. Seebeck zog aus seinen übrigens nicht sehr zahlreichen Beobachtungen den Schluss, dass die von ihm untersuchten Farbenblinden keine normale Empfindlichkeit für Roth und Grün besassen. Dass diesen beiden Empfindungen eine innere Zusammengehörigkeit zukomme, sprach er deutlich aus, eine zusammenhängende Theorie der Farben entwickelte er jedoch nicht, auch finden sich bei ihm keine genaueren Untersuchungen über das Sehen der Farbenblinden im Einzelnen. Die seltenere Form der Blaublindheit (Blau-Gelbblindheit) hat er nicht beobachtet.

Theoretische Untersuchungen sind von da ab nicht von besonderer Bedeutung zu verzeichnen, bis Helmholtz die Young'sche Hypothese zum Range einer Theorie erhob, die auch das Sehen der Farbenblinden erklären sollte. Es war unstreitig ein grosses Verdienst Th. Young's, dass er den Begriff der Grundfarbe bereits subjectiv fasste. Das von ihm entwickelte Theorem aber, wie Helmholtz treffend bemerkt, ist nur eine speciellere Durchführung des Gesetzes von den specifischen Energieen. Er suchte also durch besondere Nerventhätigkeiten und durch Vereinigung derselben unsere Empfindungen und deren Mannichfaltigkeit zu erklären, beging somit denselben Fehler, wie später Goethe und Brewster, die durch Mischung objectiver Farben dasselbe zu leisten gedachten.

Nerventhätigkeiten und Empfindungen sind nicht dasselbe, ja nicht einmal ihr Zusammenhang ist ein causaler. Empfindung ist eine innere Erscheinung — dies Wort im weitesten Sinne genommen —, und ihre Form ist die Zeit. Eine Nerventhätigkeit ist eine äussere Erscheinung, ihre Form ist der Raum. Eine bestimmte Nerventhätigkeit steht zu der derselben entsprechenden Empfindung ganz in dem nämlichen Verhältniss, wie die ganze innere Erscheinung des Menschen zu seiner äusseren Erscheinung. Wir erscheinen innerlich in der Form der Zeit als denkende und empfindende, äusserlich in der Form des Raumes als handelnde, i. e. sich bewegende Wesen. Das Verhältniss von Empfindung und Bewegung ist ein durchaus unerklärbares, weil beide ganz verschiedenen Erscheinungsweisen angehören, und es kann aus eben diesem Grunde auch kein causaler Zusammenhang zwischen ihnen bestehen, sondern nur ein transcendentaler. Wenn in dem Momente, in welchem ich eine gewisse Empfindung habe, von Anderen eine ganz bestimmte entsprechende Nerventhätigkeit an mir beobachtet werden könnte, so gäbe mir die Erkenntniss dieser Thätigkeit als einer Bewegung im Raume nicht den mindesten Aufschluss über die Empfindung selbst, deren Form ja eine andere, die Zeit ist. Wenn wir Nervenprocesse studiren, die unseren Empfindungen correspondiren, so suchen wir lediglich im Gebiete der äusseren Erscheinungen die Correlate der inneren auf. Wir können auf diesem Wege die Gränzen unserer

Erkenntniss erreichen, allein eine Erklärung der Einen durch die Anderen liegt jenseits dieser Gränzen.

Die Fähigkeit, Farben zu empfinden, ist ein integrirender Bestandtheil unseres Empfindungsvermögens, dessen Analyse sich auf die Feststellung der Gesetze einfacher und gemischter Empfindungen beschränkt, und nur auf dem Wege der Selbstbeobachtung und dem der directen Mittheilung der von Anderen an sich selbst gemachten Beobachtungen bewerkstelligt werden kann. Denn da alle jene Empfindungen, welche begrifflich durch einfache Worte ausgedrückt werden *), die sich also nicht weiter reduciren lassen, nicht etwa chemischen Elementen gleichen, die nur der Unvollkommenheit der Methode ihre Unzerlegbarkeit verdanken, sondern vielmehr uns überhaupt die Möglichkeit an die Hand geben, Erfahrungen zu machen, so können sie nicht durch Beobachtungen äusserer Erscheinungen analysirt werden, deren Bedingungen sie sind. Wir können aus einem blauen und einem gelben Farbstoffe einen grünen mischen, weil wir Grün empfinden können, wir empfinden aber nicht deshalb Grün, weil Blau und Gelb gemischt werden können.

Fassen wir also eine Farbenempfindung in ihrer eigentlichen Bedeutung, als eine innere Seelenerschei-

*) Selbstverständlich sind hier specifisch deutsche Worte gemeint. Solche, wie rosa, violett, sind fremd und beziehen sich auf bestimmte Objecte, drücken also keine reine Empfindung aus. Auch lila ist aus dem Französischen genommen und bedeutet Syringe, also ebenfalls eine blaurothe Blume.

nung, so ist es a priori klar, dass dieselbe uns als eine solche ganz und ungetheilt in unserem Bewusstsein gegeben ist, und wir über sie etwas Weiteres nicht wissen können. Suchen wir aber die specifischen Nervenenergieen auf, welche die Correlate der Farbenempfindungen in der äusseren Erscheinung, als unserem Organismus angehörig, darstellen möchten, so finden wir chemische oder elektrische Bewegungen, die wir eben nicht als Empfindungen, am wenigsten als Grundempfindungen zu bezeichnen das Recht besitzen. Denn naturgemäss giebt es untheilbare Einheiten in dem rein seelischen Gebiete der Empfindung, aber Nichts dergleichen in den physiologischen Correlaten derselben, in Nervenfasern oder elektrochemischen Processen, die sich in den letzteren etwa einmal nachweisen lassen könnten. Die Empfindung, welche wir durch das Wort „Roth“ ausdrücken, ist nicht theilbar, die ihr entsprechenden Processe in Gehirn und Sehnerv gehen aber im Raume vor sich und können daher in's Unendliche getheilt werden. Ein causaler Zusammenhang zwischen Empfindung und Bewegung, in dem Sinne, dass das Eine durch das Andere in seinem Wesen erklärbar sei, existirt nicht, und die gesammte physiologische Forschung geht, ohne dass dies indessen jemals deutlich ausgesprochen wäre, einfach darauf aus, zu uns a priori gegebenen psychischen Erscheinungen die physischen Correlate in unserem Organismus zu bestimmen. Hätten wir wirklich für jedes Psychische das correspondirende Physische gefunden, so

würden wir die Gränze unserer möglichen Erkenntniss erreicht haben, aber das Wesen des Psychischen wäre darum noch ebenso unerklärt, als vorher. — Eine noch so detaillirte Kenntniss der Sehnervenfasern, ihrer Endigungen in der Retina oder ihres Ursprungs im Gehirn wird uns darum nicht über das Wesen der Farbe Aufschluss geben, sondern das Ziel unserer Forschung wird auch in dieser Hinsicht lediglich das sein müssen, zu jeder uns a priori bekannten Farbenempfindung das physiologische Correlat kennen zu lernen. Es kann demnach einer doppelten, einer gemischten Empfindung keine einfache Bewegung entsprechen, etwa der Empfindung des Rothblauen ein nicht weiter zu zerlegender photochemischer oder elektrochemischer Process in einer einzigen Nervenfaser, ganz abgesehen davon, dass letztere in's Unendliche theilbar sind. Wir setzen an der Hand der Experimentalforschung diese Theilung den Forderungen unseres Verstandes gemäss so lange fort, bis die psychischen Erscheinungen ihre physiologischen Correlate gefunden haben; gestatten aber unsere Hülfsmittel keine so weit gehende Theilung, so bleibt das Resultat unserer Forschung eben unvollständig. —

Wenn wir Grundempfindungen auf dem Gebiete der Farbenempfindungen aufsuchen, so suchen wir ganz offenbar diejenigen, aus denen sich alle übrigen ableiten lassen, ohne dass sie selber irgend einer Reduction fähig wären. Es ist dies etwas durchaus Anderes, als Grundfarben im objectiven Sinne bestimmen,

welche je nach dem verschiedenen physikalischen Material, mit welchem experimentirt wird, ganz verschieden sein können. Als Grundfarben für Malerpigmente ergeben sich Roth, Gelb, Blau, als Grundfarben für spectrale Töne kann man allenfalls Roth, Grün, Violett ansehen, wobei noch zu bemerken ist, dass dies zunächst nur für das Sonnenspectrum gilt, und das Spectrum des elektrischen Lichtes etwa sich möglicherweise anders verhalten könnte. Aus der Verschiedenheit der Mischungsresultate bei verschiedenem physikalischen Material folgt unmittelbar, dass aus diesen Resultaten nicht auf die Gesetze unserer Empfindungen geschlossen werden kann, welche doch feststehende sein müssen. Wenn wir diese Gesetze finden wollen, bleibt eben nichts übrig, als unsere Empfindungen zu analysiren, was nur durch Selbstbeobachtung und durch Mittheilung geschehen kann. Und gerade in Bezug auf das vorliegende Thema ist diese Seite der zu lösenden Fragen die wesentlichste.

Wenn es unser Streben ist, die Vorgänge im Organismus aufzudecken, welche unseren Empfindungen correspondiren, und deren Kenntniss einer ideal entwickelten Physiologie den Rückschluss erlauben würde, dass einer bestimmten Bewegung eine bestimmte Empfindung entspreche, so sind wir bei dem jetzigen Stande unserer Wissenschaft noch so sehr weit entfernt in eine solche Einsicht, dass wir uns bei der Erforschung der Gesetze unserer Empfindungen rein an die in unserem

Bewusstsein liegenden Dinge halten müssen. Wir wollen vorläufig nicht ergründen, etwa welche nervösen Elemente oder welche Endapparate in der Retina einem Farbenblinden fehlen oder functionsunfähig sind, oder welche photochemischen oder elektrochemischen Vorgänge in Retina und optischen Centralorganen bei Farbenblinden sich etwa anders verhalten, wie bei Normalfarbensichtigen, sondern es ist uns lediglich darum zu thun, zu wissen, was für Empfindungen Farbenblinde Normalfarbensichtigen gegenüber aufzuweisen haben; wir wollen wissen, wie und was sie sehen, nicht wie ihre Retina oder ihre optischen Centralorgane beschaffen sind, denn so wünschenswerth eine solche Kenntniss auch ist, so genügen vorläufig unsere Mittel zum Studium der äusseren Erscheinungen nicht, wesshalb wir uns mit dem der inneren begnügen müssen. Uebrigens leuchtet ein, dass die rein praktische Seite der Frage nur mit den Empfindungen, resp. dem Mangel derselben zu schaffen hat.

Die Mannichfaltigkeit der Farbenempfindungen Normalfarbensichtiger reducirt sich auf die vier Grundempfindungen des Rothen, Grünen, Blauen und Gelben, wie eine unbefangene und vorurtheilslose Selbstbeobachtung leicht ergiebt. Gegen die Aufstellung von Roth, Grün, Blau als Grundfarben hat man sich in neuerer Zeit niemals besonders gesträubt, wohl aber gegen die von Gelb, weil man aus spektralem Roth und Grün Gelb mischen kann. Eine solche Schlussfolgerung ist

aber ebenso fehlerhaft, wie die von Goethe und Brewster, welche das Grün nicht als Grundfarbe anerkennen wollten, weil sie aus Blau und Gelb Grün mischen konnten. Es ist im Vorhergehenden zur Genüge auseinandergesetzt, wesshalb aus Mischungsversuchen objectiver Farben keine Schlüsse über unsere Empfindungen zu ziehen gestattet ist. Es ist bekanntlich das Verdienst Ewald Hering's, die Lehre von den vier Grundfarben vom rein speculativen und physiologischen Standpunkte aus fest begründet zu haben.

Die Untersuchung Farbenblinder hat nun einerseits festzustellen, welche von diesen Farben in den Empfindungen derselben fehlen, andererseits ob die an Farbenblinden zu machenden Erfahrungen mit den Hering'schen Gesetzen übereinstimmen.

Wenn wir uns aber vom rein speculativen Standpunkte aus auf den Boden der Hering'schen Theorie stellen, so ziehen wir damit noch nicht den geringsten Schluss auf die Art und Weise des Sehens Farbenblinder. Die Methoden der Untersuchung, welche im Folgenden erst beschrieben werden sollen, sind von nur speculativen Fragen ganz unabhängig, und wenn es sich zeigen wird, dass die Resultate der Untersuchungen farbenblinder Personen genau stimmen mit den von Hering aufgestellten Haupttheoremen, so können die letzteren mit derselben Sicherheit, mit der jener geistvolle Forscher dieselben aus dem Studium seiner eigenen

Empfindung abstrahirte, aus den mit Farbenblinden angestellten Versuchen abgezogen werden.

Bei der noch so vielfach verfochtenen Young'schen Theorie ist dies keineswegs der Fall. Die Theorie war längst da, ehe man genauere Untersuchungen farbenblinder Personen vornahm, und man hat gesucht, die an solchen gemachten Beobachtungen in Uebereinstimmung mit der Theorie zu bringen, anstatt die Theorie aus den Beobachtungen abziehen zu können, wie dies bei Hering's Theorie sehr leicht zu bewerkstelligen ist, auf deren Hauptsätze man durch Beobachtungen an Farbenblinden geleitet werden muss, ohne dass man die Theorie selbst vorher zu kennen nöthig hat.

Die Young'sche Hypothese supponirt drei specifische Energieen, die man sich nicht gerade als verschiedene Fasern vorzustellen braucht, sondern als verschiedene chemische Vorgänge in der Seh-Substanz. Licht von bestimmter Brechbarkeit erzeugt in der Nervensubstanz bestimmte, etwa elektro-chemische Processe, und diesen sollen unsere Empfindungen entsprechen. Die Art und Weise der Entstehung dieser Processe liegt freilich im Dunkeln, aber man hat sie trotzdem graphisch in den wohlbekannten Curven dargestellt. Die erste Energie entspricht der Empfindung des Rothen, die je nach der Brechbarkeit des einwirkenden Lichtes stärker oder schwächer zum Ausdruck kommt, die zweite der Empfindung des Grünen, die dritte der des Violetten. Statt des Violetten müssten wir direct den

Ausdruck Rothblau benutzen, und es würde sehr leicht sein, schon hier eine Reihe logischer Widersprüche zu entwickeln, welche die Theorie unmöglich machen müssten. Da aber bereits Ewald Hering dieses in erschöpfender Weise gethan hat, ist es genügend, uns an die practischen Entwickelungen zu halten, und statt des Violetten mit Maxwell das Blau zu substituiren. Aus der gleichzeitigen Thätigkeit der den Empfindungen Roth und Grün correspondirenden Energieen soll nun die Empfindung des Gelb resultiren. Haben wir nun nicht ein Recht zu fragen, was für ein essentieller Unterschied bestehe zwischen der Mischung objectiver Farbstoffe, und der gleichzeitigen Thätigkeit elektro-chemischer Processe im Nerven? Ist letzteres nicht auch eine rein materielle Mischung, die mit der Empfindung als solcher gar Nichts gemein hat? Unsere Empfindungen sind doch nun einmal zweifellos das Primäre, die Basis, von der jede Erfahrung zuerst auszugehen hat, und die Möglichkeit, Farbenmischungen zu erhalten, basirt auf der Existenz unserer Empfindungen, muss aus dieser erklärt werden, und nicht umgekehrt.

Doch immerhin mag man sich vorläufig auf den Boden der Young'schen Theorie stellen, und die verschiedenen Möglichkeiten aufsuchen, welche aus ihr in Bezug auf das Sehen der Farbenblinden abzuleiten sind. Es soll von den drei Energieen, deren allzu bekannte Erregbarkeitskurven hier nicht hergesetzt zu werden

brauchen, einmal die dem Roth entsprechende fehlen können, und würde alsdann nur Grün und Blau empfunden werden können. Dann würde natürlich auch die gelbe Farbe niemals gesehen werden können, da die Empfindung des Gelben sich ja aus der des Rothen und Grünen zusammensetzen soll. Ferner kann die dem Roth entsprechende Energie fehlen, und es würde in diesem Falle nur Roth und Blau empfunden werden. Endlich beim Fehlen der dem Blau entsprechenden Energie würde nur Roth und Grün gesehen. Da nun, wie bereits scharf betont worden ist, es uns nicht darum zu thun sein kann, zu präcisiren, welche Nerventhätigkeiten dem Farbenblinden fehlen, sondern welche Farbenempfindungen ihm mangeln, und die Empfindung des Gelben sich nicht in die des Rothen und Grünen zerlegen lässt, sondern einfach ist, so würde der Young'schen Hypothese zufolge die partielle Farbenblindheit sich theilen in Roth-Gelbblindheit, Grün-Gelbblindheit und Blau-Gelbblindheit. Die totale Farbenblindheit, bei welcher zwei Energieen fehlen können, würde endlich zerfallen müssen in eine Roth-Grünblindheit, eine Roth-Blaublindheit und eine Grün-Blaublindheit, wenn man der Kürze halber keine Rücksicht auf das Fehlen der Empfindung Gelb nähme, sondern direct aus dem Young'schen Theorem schliessend nur die fehlenden Energieen im Auge behielte. Die Existenz dieser drei Arten von Farbenblindheit würde man offenbar niemals beweisen können.

In der That ist denn auch keiner derjenigen Forscher, welche nach der Wiederbelebung der Young'schen Theorie Untersuchungen an Farbenblinden vornahmen, in Folge dieser Untersuchungen selbst zur Theorie hingeleitet worden. Entweder setzten sie sich in offenen Widerspruch mit derselben, oder sie suchten, so gut es eben ging, die Beobachtungen a posteriori mit ihr zu vereinigen. Da die hauptsächlichsten Untersuchungen dieser Art hinreichend bekannt sind, sei hier nur noch erwähnt, dass Dr. W. Pole in London bereits im Jahre 1856 *) durch die Untersuchung seiner eigenen Farbenblindheit die Nothwendigkeit einsah, dass man vier Grundfarben annehmen müsse, und ebenso Oppel 1860 **) durch die Untersuchung eines Farbenblinden, den ich selbst später als blau-gelbblind in meine Beobachtungsserien einreihen konnte, dazu gebracht wurde, das Young'sche Theorem anzuzweifeln. Die Arbeiten Hering's, welcher in neuester Zeit die Theorie der vier Grundfarben wirklich fest begründete, und das Gesetz des Antagonismus zwischen je zwei Grundfarben, Roth und Grün einerseits, Blau und Gelb andererseits, scharf präcisirte, haben gezeigt, wie sehr die Gegner der Young'schen Theorie, insofern sie auch zur Erklärung des Sehens Farbenblinder verwendet

*) Briefliche Mittheilung. Die Abhandlung steht in den Phil. Transact. V. 149. p. 323.

**) Jahresbericht des phys. Vereins zu Frankfurt a. M. 1860. p. 70, 88.

werden sollte, auf dem richtigen Wege waren. Indessen mangelte es denselben doch an einer hinreichend beweiskräftigen Methode, die wichtigsten Untersuchungen wurden sogar einfach mittelst Sortirung farbiger Muster angestellt. Es ist daher im Folgenden der Versuch gemacht, auf einem bis dahin noch wenig betretenen Wege den Gesetzen der Farbenblindheit näher zu kommen, und somit die Richtigkeit der Hering'schen Sätze, gegen welche, soweit sie auf die Farbenblindheit Bezug haben, von speculativem Standpunkte aus schwerlich Bedenken erhoben werden können, auch von der experimentellen Seite aus zu befestigen. —

II. CAPITEL.

Prüfung durch Simultancontrast.

Ohne ein rationelles Verfahren ist es nicht möglich, sich in dem Labyrinthe von Verwechslungen zurecht zu finden, in welches man bei einer nur oberflächlichen Prüfung Farbenblinder geräth. In der gewöhnlichen Unterhaltung fördern die Meisten solche Verkehrtheiten zu Tage, dass, wie Goethe sagt, man wahnsinnig zu werden fürchtet. Aber auch durch Sortirung farbiger Muster gelangt man zu keinen sicheren Resultaten. Werden zwei verschiedene Farben für gleich erklärt,

so weiss man nicht, ob a wie b, oder b wie a, oder eine oder beide wie ganz andere Farben c oder d erscheinen. Könnte man rasch und sicher diejenigen Farben bestimmen, welche mit reinem Grau verwechselt werden, so würde man eher Anhaltspunkte bekommen können. Allein so lange wir ohne die Gesetze der Farbenblindheit bereits zu kennen, an die Untersuchung gehen, hat es seine grossen Schwierigkeiten, diese Farben herauszufinden, weil es farbenblinden Personen nicht leicht fällt, sich auf ihre Empfindungen zu verlassen und gänzlich von ihrer Fähigkeit zu abstrahiren, durch Uebung ihres Urteils bis zu einem gewissen Grade ihren Mangel zu ersetzen. Es würde daher, selbst wenn man eine genügende Anzahl gebildeter Farbenblinder für derartige Versuche zur Disposition hätte, immer schwierig und langwierig sein, zu genauen Bestimmungen zu gelangen. Grosse Vorteile gewährt es daher, zur Bestimmung der fehlenden Farbenempfindungen von objectiven Farben abzusehen, und statt dessen die subjectiven Contraste zu benutzen. In der That ist bereits hier und da der successive Contrast, (die farbigen Nachbilder) zur Untersuchung Farbenblinder benutzt worden. Aber es liegt auf der Hand, dass ein solches Verfahren zu unsicher ist. Der simultane Contrast hilft hingegen in völlig genügender Weise über alle Schwierigkeiten hinweg. Man wählt am Besten die farbigen Schatten, an denen die Phänomene des Simultancontrastes am Schönsten zu zeigen sind.

Die Vorteile einer solchen Untersuchungsmethode sind leicht zu erkennen. Die Schattenfarbe ist keine objective, sie ist inducirt durch farbige Beleuchtung. Das Auge wird gezwungen, in sich selbst alle diejenigen Farben zu erzeugen, die es zu empfinden fähig ist, wenn man nach und nach durch alle objectiven Farben inducirt. Ist das Auge empfindlich für die Inductionsfarbe, so wird es auch einen farbigen Schatten sehen; ist es dagegen für diese Farbe unempfindlich, so wird der Schatten dunkel erscheinen müssen. Da wir nun aus Roth, Grün, Blau und Gelb sämmtliche Farben herstellen können, haben wir nur nöthig, diese Farben als subjective Schattenfarben zu produciren und zu untersuchen, welche empfunden werden und welche fehlen. Das Urteil eines Farbenblinden wird dabei so gut wie völlig eliminirt sein. Wenn bei der Prüfung mit objectiven Farben Grau und Schwarz öfters als farbig bezeichnet werden, weil Farbenblinde durch Erfahrung gelernt haben, dass viele Dinge Normalfarbensichtigen farbig erscheinen, die für sie selbst farblos sind, so wissen sie in der Regel doch Nichts von farbig erscheinenden Schatten. Ist dies aber auch bei Gebildeten hin und wieder der Fall, oder merken sie es selbst während der Untersuchung, so fällt es ihnen doch viel leichter, von ihrem Urteil zu abstrahiren, und mit Präcision zu sagen, ob sie einen Schatten farbig oder farblos erblicken. Die Elimination des Urteils besteht aber der Hauptsache nach darin, dass

sie nur zu sagen haben, ob sie eine Farbe sehen oder keine, und dass es auf den Namen derselben gar nicht ankommt. Gesetzten Falles wir prüften mit vier farbigen Schatten und es würde bei rother und grüner inducirender Beleuchtung keine Schattenfarbe wahrgenommen, wohl aber bei blauer und gelber, so würden wir wissen, dass Roth und Grün keinen farbigen Eindruck hervorgerufen haben. Lassen wir aber auch die wirklich gesehene Schattenfarbe benennen, so wird es ganz gleichgültig sein, ob derselben die richtige Bezeichnung oder eine gänzlich verkehrte beigelegt wird. Gesetzen Falles wir erhielten folgende Reactionsreihe:

Auf	Roth	Ø
	Grün	Ø
	Blau	Roth
	Gelb	Grün,

also so verkehrt wie möglich, so ist doch kein Zweifel darüber, dass auf Blau Gelb und auf Gelb Blau reagirt würde. Denn wäre bei blauer Beleuchtung die Schattenfarbe Roth gewesen, so hätte bei rother Beleuchtung eine Schattenfarbe gesehen werden müssen, wäre es Grün gewesen, bei grüner Beleuchtung. Blau konnte selbstverständlich auf dem Schatten nicht erscheinen, es bleibt also nur Gelb. —

Es könnte freilich Jemand einwerfen, dass man nicht wisse, ob die sogenannten Farbenblinden nicht ein ganz anderes Farbensystem hätten, und die Gesetze ihrer Empfindungen von denen der unsrigen total ver-

schieden seien. Dem kann man leicht entgegnen, dass man Jemanden als farbenblind bezeichnen muss, wenn er da keine lebhafte Farbe empfindet, wo ein Normalsichtiger sie empfindet, und dass es im Uebrigen einfach auf das Studium eines solchen Gegenstandes Verzicht leisten heisst, wenn man eine derartige Behauptung aufstellt, die sich allerdings nur mit Schwierigkeiten bestreiten lässt, aber dafür auch nicht bewiesen werden kann. Da die Farbenblinden Menschen sind, müssen die Gesetze ihres Sehens in völlige Uebereinstimmung mit denen des unsrigen gebracht werden können.

Dass die Schnelligkeit und Eleganz der angegebenen Methode von keinem geringen Vorteil ist, dürfte wohl auch nicht zu bezweifeln sein, und es sind nur wenige Punkte dabei des Genaueren auseinanderzusetzen.

Zunächst müssen die Farben der zur inducirenden Beleuchtung dienenden Glasplatten möglichst rein und intensiv sein. Derartige Platten sind für Roth, Grün, Blau bei jedem Glaser leicht zu bekommen. Die gelben Gläser sind nicht so günstig für die Versuche, allein da die blaue Schattenfarbe sehr schön durch den Contrast des Tageslichtes und des Lampenlichtes zu Stande kommt, hat dies nichts zu bedeuten. Nun ist das durch die erwähnten Platten durchgelassene Licht selbstverständlich nicht homogen. Die rothe Platte lässt noch gelbes, die grüne blaues, die blaue rothes und grünes

durch. Allein die Menge der durchgelassenen Strahlen, soweit sich dieselben nicht zu Weiss neutralisiren, ist so gering, dass man für Untersuchungen, die nicht sehr fein und nicht nur auf wissenschaftliche Zwecke berechnet sind, gar keine Rücksicht darauf zu nehmen braucht. Für sehr feine Prüfungen kann man leicht den Einfluss des andersfarbigen Lichtes neutralisiren, indem man die zweite, für gewöhnlich ungefärbte Lichtquelle, leicht färbt. Bei rother und grüner Beleuchtung stört das überflüssige gelbe Licht, sodass der Schatten bläulich wird, man färbt also die zweite Lichtquelle leicht gelb. Bei gelber und blauer Beleuchtung stört das überflüssige rothe Licht, der Schatten wird leicht grünlich, man färbt die zweite Lichtquelle leicht roth. Man kann alsdann sicher sein, dass, wenn eine deutliche Farbe auf dem Schatten wahrgenommen wird, in der That auch die Hauptfarbe der inducirenden Platte empfunden wurde.

Untersucht man nun nach solchen Principien eine grosse Reihe farbenblinder Personen, wobei man nur intelligente und wo möglich gebildete benutzen soll, so stellt sich folgendes Resultat:

Entweder werden die rothen und die grünen Schatten farblos gesehen, die blauen und gelben dagegen farbig, oder im Gegenteil die blauen und gelben farblos, die rothen und grünen farbig. Endlich kommt es auch

vor, dass sämmtliche Schatten farblos gesehen werden. —

Es ist leicht einzusehen, dass die Contrastprüfung den Faden an die Hand giebt, um sich in dem Labyrinthe der Verwechslungen zurecht zu finden, welche ein Farbenblinder beim Sortiren farbiger Muster begeht. Gesetzten Falles, es verwechsele Jemand ein gewisses Rosa mit Blau, oder Grün mit Gelb. Wir würden nicht wissen, ob er das Rosa Blau, oder das Blau Rosa, oder beides schliesslich anders sähe, nicht, ob ihm das Grün Gelb oder umgekehrt das Gelb Grün, oder beides in einer anderen Qualität erschiene. Hat aber die Contrastprüfung die Reactionen ergeben auf

Roth	Ø
Grün	Ø
Gelb	farbig
Blau	farbig

so kann man nicht mehr im Zweifel darüber sein, dass seine Reactionen auf Gelb und Blau sich mit denen des normalen Auges deckten, die auf Roth und Grün dagegen fehlten. Es musste also Rosa Blau erscheinen, und Grün Gelb gesehen werden. Wäre in einem solchen Falle etwa Roth mit Gelb verwechselt worden, so würde man aus der Reactionsreihe sofort ersehen, dass das Roth Gelb gesehen wurde. Hätte aber die Reactionsweise anders gelautet, etwa auf

Roth	farbig
Grün	farbig

Gelb	Ø
Blau	Ø

ergeben, so würden wir daraus ersehen, dass nicht Roth als Gelb, sondern umgekehrt Gelb als Roth erschienen wäre.

Bedeutend leichter noch als beim Sortiren von Pigmenten, sind an der Hand der Contrastprüfungen die Verwechslungen aufzuklären, die zwischen den Linien der Metallspectren begangen werden. Es wird z. B. sehr häufig von Farbenblinden die Natronlinie als gleich gefärbt mit der Lithionlinie, diese wieder mit der Thalliumlinie etc. bezeichnet. Waren in solchen Fällen die Reactionen auf Roth und Grün nicht vorhanden, wohl aber die auf Gelb und Blau, so muss geschlossen werden, dass die Lithionlinie gelb gesehen wurde, dass in Folge dessen auch die Thalliumlinie gelb erschien. Wurden aber Natron- und Lithionlinie gleich gefärbt gesehen, und fehlten die Reactionen auf Gelb und Blau, so musste mit Notwendigkeit die Natronlinie roth erscheinen. —

Es entwickelt sich gleichsam von selbst aus den beschriebenen Versuchen die Eintheilung der Farbenblindheit in eine partielle und eine totale. Die partielle theilt sich wieder in eine Blindheit für Roth und Grün, und eine solche für Gelb und Blau. Während sich das Farbensystem der Normalfarbensichtigen aus zwei complementären oder besser antagonistischen Farbenpaaren zusammensetzt, besteht das System partiell

Farbenblinder nur aus einem einzigen Paare antagonistischer Farben. Wo die Empfindung des Roth ist, da ist auch die des Grün vorhanden; wo Gelb vorgefunden wird, wird auch Blau empfunden und umgekehrt. Fehlt aber eine Empfindung, so fehlt auch ganz sicher die antagonistische. —

Es liefern also die Resultate der Contrastprüfungen an Farbenblinden die experimentellen Belege zu dem Gesetze des Antagonismus, der Grundlage der Theorie E. Hering's, gegen die vielleicht in Einzelheiten Einwendungen erhoben werden können, gegen deren Hauptsätze aber, die unmittelbar aus der Zergliederung unserer eigenen Empfindungen hervorgehen, schwerlich etwas Gegenteiliges vorgebracht werden kann. Um eine Theorie von allem Hypothetischen zu befreien, und die in derselben ausgesprochenen Sätze zu eigentlichen Axiomen zu erheben, kann aber Nichts weiter verlangt werden, als dass man die practische Erfahrung in völlige Uebereinstimmung bringe mit den aprioristischen Forderungen unseres Erkenntnissvermögens. In Bezug auf die Resultate der Contrastprüfungen ist soeben diese Uebereinstimmung constatirt worden. Es ist jedoch deutlich, dass dieselbe zunächst sich noch auf allgemeine Umrisse bezieht, indem bis jetzt nur gezeigt worden ist, dass ein Theil der partiell Farbenblinden nur Gelb und Blau, ein anderer nur Roth und Grün sieht. Es ist nunmehr unsere Aufgabe, das Sehen der Farbenblinden im Einzelnen zu analysiren, und nachzuweisen, dass, soviel

man auch in's Detail gehe, das neue System nirgends eine Lücke zeige. Ehe wir jedoch damit beginnen, die einzelnen Abarten der Farbenblindheit genauer zu studiren, müssen noch einige Untersuchungen über Qualitäten vorhergeschickt werden, welche denselben gemeinsam sein müssen. —

III. CAPITEL.

Sehen der Farbenblinden im Allgemeinen.

Wenn das System partiell Farbenblinder (ausser Schwarz und Weiss, welche wir nicht als Farben im engeren Sinne betrachten dürfen, weil sie keinen eigentlichen physiologischen Antagonismus zeigen, sondern sich zu Grau mischen, welches sowohl an Schwarz wie an Weiss erinnert) nur aus zwei wirklich antagonistischen Farben besteht, welche nicht gleichzeitig empfunden werden können, sich also gewissermassen gegenseitig zerstören, so folgt daraus direct ein wichtiges Gesetz für das Sehen solcher Individuen. Sie müssen nämlich eine sehr feine Unterschiedsempfindlichkeit für objective Farben besitzen, welche notwendig diejenige Normalfarbensichtiger vielfach übertreffen muss. Wenn zu einem beliebigen Farbenton ein zweiter hinzuge-

mischt wird, so kann dieser zweite Ton entweder ein dem ersten entgegengesetzter (antagonistischer, schlechter complementärer) sein, oder nicht. Nehmen wir ein Beispiel vom ersten Falle, dass etwa zu Roth Grün zugesetzt werde. Für das normale Auge wird das Roth zunächst stumpfer, geht bei weiterer Mischung, wenn das Roth vom Grün völlig zerstört wird, in diejenige Farbe über, deren Strahlen in grösster Menge von beiden Pigmenten reflectirt worden sind — von rothen und grünen selbstverständlich abgesehen —, also in Gelb, Grau oder Blau. Für das farbenblinde Auge (in unserem Falle nehmen wir ein solches an, welches für Roth und Grün blind ist) erfolgen alle diese Uebergänge in anderer Art. Gesetzten Falles, die mit einander gemischten Farben seien Gelbroth und Gelbgrün. Während für das normale Auge Roth und Grün sich nach und nach zerstören, sodass schliesslich Gelb übrig bleiben muss, summiren sich von Anfang an für das farbenblinde Auge die beiden Farben, die eine wird gelber, und die Unterschiede werden im Ganzen einander parallel gehen. Ist aber der zweite Ton kein antagonistischer, so stellen sich die Verhältnisse der Unterschiedsempfindlichkeit viel günstiger für das farbenblinde Auge. Mischen wir zum Roth etwa Gelb, so wird es für das normale Auge verhältnissmässig lange währen, bis das Roth den Eindruck von Gelbroth hervorruft, da Roth die physiologisch wirksamste Farbe ist. Dem farbenblinden Auge aber fehlt

der lebhafte Eindruck des Rothen, die gelbe Farbe nimmt hier dessen Platz ein. Das ursprünglich nicht lebhaft gesehene Roth (welches, wie wir hier anticipiren, matt gelb erscheint) wird in Folge dessen rasch lebhafter, sodass für das farbenblinde Auge ein matter und ein lebhafter Farbenton vorhanden ist, beide zwar von demselben Ton, aber von durchaus anderer Nuance, wenn für das normale Auge noch zwei lebhaft rothe Töne vorhanden sind. Das farbenblinde Auge unterscheidet also die beiden Töne leichter. Noch prägnanter werden die Unterschiede, wenn zwei Töne gemischt werden, welche für das farbenblinde Auge antagonistische sind, aber nicht für das normale Auge. Mischen wir z. B. zu einem lebhaften Roth Blau hinzu. Es wird für das normale Auge relativ lange dauern, bis das Rothe das Blaue, für das normale Auge die am wenigsten wirksame Farbe, überhaupt nicht mehr übertönt, bis aus dem Roth Rothblau zu werden beginnt, und es wird wiederum relativ lange dauern, bis sich letzteres in Blauroth umwandelt. Das farbenblinde Auge aber braucht den lebhaften Eindruck des Rothen nicht zu überwinden, das hinzugemischte Blau wird den anfänglichen Eindruck des Mattgelben rasch zerstören und übertönen. Das farbenblinde Auge wird bereits Grau sehen, wenn das normale noch kaum die blaue Beimischung zum Roth bemerkt, und bereits ein ausgeprägtes Blau erblicken müssen, wenn das erstere eben anfängt, Rothblau zu sehen. —

Mit diesen rein aprioristischen Deductionen stimmen nun die Erfahrungen, die man in Wirklichkeit an partiell farbenblinden Personen macht, vollständig überein, und liefern somit einen neuen experimentellen Beweis für das Gesetz des Antagonismus. Von jeher hat man sich über das feine Unterscheidungsvermögen Farbenblinder, welches durch Uebung in erstaunlichem Grade ausgebildet werden kann, gewundert, ohne sich jedoch eine genaue Rechenschaft darüber ablegen zu können. Wir werden weiter unten auf diesen wichtigen Punct zurückkommen, und wollen an dieser Stelle uns nur mit der Bemerkung begnügen, dass auf Grund des angegebenen Verhaltens für das farbenblinde Auge bedeutende Differenzen im Sehen von Farbentönen entstehen können, während dieselben für ein normales Auge kaum ohne Mühe erkennbar werden, und daher das erstere einen ganz ungewöhnlich feinen Farbensinn vorzutäuschen vermag.

Diese feine Unterschiedsempfindlichkeit für objective Farben muss übrigens noch erhöht werden durch die Abweichungen, welche farbenblinde Augen häufig in Bezug auf die Lichtempfindlichkeit darbieten, und welche näher zu betrachten hier am Platze ist. —

Für das gewöhnliche Sehen sind für farbenblinde Augen keine besonderen Abweichungen von dem normaler zu finden, ihre Sehschärfe ist meist völlig intact, sie kann sogar beträchtlich grösser als 1 sein, wenn

man sich begnügt, mit Snellen's Tafeln zu untersuchen. Studirt man jedoch die Empfindlichkeit für Licht verschiedener Brechbarkeit, so finden sich enorme Differenzen. Es ist nicht selten, dass ein grosser Theil des Spectrum fehlt und selbst im Magnesiumlicht nicht sichtbar zu machen ist, sodass in solchen Fällen eine absolute Blindheit für Licht bestimmter Brechbarkeitsgränzen, die leicht am Spectroscop genau zu bestimmen sind, besteht. Es kann sowohl das linke wie das rechte Spectralende hochgradig verkürzt sein, und in einer ganzen Anzahl von Fällen von Blau-Gelbblindheit hat nachgewiesen werden können, dass von der Thalliumlinie ab nach rechts hin das Spectrum völlig fehlte. Dass in solchen Fällen die Schärfe des Sehens unter der normalen zurückbleiben muss, darf gewiss als unbestreitbar angesehen werden, wenngleich für die gewöhnlichen klinischen Sehprüfungen sich keine grossen Differenzen nachweisen lassen oder gar nicht aufzufinden sind. Auf der anderen Seite kann aber selbst bei starker Verkürzung des rothen Endes S für Schwarz auf Weiss, wie angedeutet, die normale S beträchtlich übersteigen. —

Wenn aber auch das Spectrum die normale Länge hat, so gelingt es dennoch in vielen Fällen, eine beträchtliche Herabsetzung der Empfindlichkeit für homogenes Licht nachzuweisen, und ist dieser Nachweis hauptsächlich für Roth geführt worden. Dass aber auch für die übrigen Spectralfarben die Lichtempfindlichkeit

herabgesetzt sein kann, darf als höchst wahrscheinlich angesehen werden. —

Man würde jedoch sehr irren, wenn man die Herabsetzung der Lichtempfindlichkeit für eine Farbe in eine directe und feststehende Beziehung zu der Blindheit für diese Farbe bringen wollte. Die genaue Untersuchung zeigt, dass die Farbenblindheit eine ganz gleichartige sein kann, und doch die Differenzen in der Empfindlichkeit für homogenes Licht ausserordentlich bedeutend sind. Es resultiren freilich gewisse, bei den einzelnen Abarten genauer zu untersuchende Differenzen in Beziehung auf die Art, wie einzelne Farben erscheinen, aber das Farbensystem im Ganzen bleibt darum doch genau dasselbe. Es ist a priori klar, dass, wenn Jemand blind ist für homogenes Licht, er auch die diesem genau entsprechende Farbe nicht empfinden kann, weil die Lichtempfänglichkeit eine Bedingung der Farbenempfindlichkeit ist, aber darum nicht mit dieser in jeder Hinsicht solidarisch verknüpft. Ein normaler Farbensinn ist normal, auch wenn es finster ist; es besteht ein grosser Unterschied zwischen der absoluten Unfähigkeit, etwas zu empfinden und zwischen dem Mangel äusserer Bedingungen. Leute mit allgemein herabgesetzter Lichtempfindlichkeit, wie dies in pathologischen Fällen häufig und leicht zu beobachten ist, haben ganz normalen Farbensinn für die feinsten qualitativen Prüfungen im Gegensatz zu Farbenblinden mit normaler oder übernormaler Sehschärfe. — Fehlt also

z. B. Jemandem der ganze blaue Theil des Spectrum, so muss er blaublind sein, er kann aber auch blaublind sein, wenn sein Spectrum die normale Länge zeigt, und seine Lichtempfindlichkeit für Blau keine Einbusse erlitten hat. Es kann aber z. B. ferner ein Theil des Grün bei Blaublinden fehlen, dieses Grün selbst im lichtstarken Spectrum nicht einmal als Licht percipirt werden, und dennoch kann die Empfindlichkeit für Grün als Farbe vorhanden sein. In Beziehung auf das System unserer Farbenempfindungen ist es demnach gleichgültig, wie sich die Lichtempfindlichkeit verhält, nicht aber in Bezug auf das Sehen einzelner Farben, und in Beziehung auf die sogenannte quantitative Farbenempfindlichkeit, über welche Dinge erst im Folgenden das Notwendige vorgebracht werden soll.

Man hat wohl daran gedacht, die Verkürzung des Spectrum in eine directe Beziehung zur Farbenblindheit zu bringen, und die Behauptung aufgestellt, dass bei Rothblindheit das linke, bei Blaublindheit das rechte Ende verkürzt sei. Fälle von Blaublindheit sind aber früher von anderen Beobachtern überhaupt nicht analysirt; und da das Spectrum bei angeborener Farbenblindheit immer continuirlich ist, so ist es unmöglich, die Blindheit für Grün auf eine einfache Blindheit für homogenes Licht zurückzuführen, auch abgesehen von den soeben mitgetheilten Beobachtungen von normalem qualitativen Farbensinn für Grün bei absoluter Blindheit für einen Theil der grünen Strahlen.

Aus dem Vorhergehenden ist nun ferner abzuleiten wie die Unterschiedsempfindlichkeit Farbenblinder noch erhöht werden muss, durch die Unterschiede in der Empfindlichkeit für homogenes Licht im Vergleich zu der normaler Augen. Wird nämlich zu irgend einem Farbenton ein zweiter hinzugemischt, für dessen Hauptstrahlen die Empfindlichkeit geringer ist, als die normale, so muss dem farbenblinden Auge die Mischfarbe, abgesehen von der etwaigen Farbendifferenz, auch dunkler erscheinen, als dem normalen Auge, und demgemäss für das erstere mehr weniger beträchtlichere Helligkeitsunterschiede vorhanden sein, als für das letztere. Es ist zur Genüge bekannt, wie fein die Unterschiedsempfindlichkeit Farbenblinder für verschiedene Lichtstärken ist. Davon kommt nur ein Theil auf Uebung und Aufmerksamkeit bei vielen Farbenblinden, ein vielleicht viel grösserer auf Rechnung der herabgesetzten Sehschärfe für homogenes Licht, wie hier nicht nur speculativ deducirt ist, sondern auch anschaulich dargestellt werden wird.

Wenn man nämlich an der Hand der bis jetzt beschriebenen Versuche und daraus abgeleiteten Schlüsse sich auch im Allgemeinen eine Vorstellung davon machen kann, wie die Farbenblinden sehen, so fehlt doch noch eine jede genauere Anschauung, und es entsteht die Frage, wie eine solche zu gewinnen sei. Durch Sortirung einer sehr grossen Anzahl farbiger Wollbündel oder gefärbter Papiere sich anschaulich über das

Sehen der Farbenblinden zu orientiren, selbst wenn man ausschliesslich intelligente und gebildete Personen zur Seite hat, die wissen, um was es sich handelt, wird nicht wohl angehen. Nämlich die Anzahl solcher Muster müsste schon sehr gross sein, um nur für die Hauptfarben von allen Gruppen der Farbenblinden die Verwechslungsfarben zu finden, welche in Bezug auf Ton und Lichtstärke völlig identisch mit den ersteren erscheinen, und hätte man auch dies herausgebracht, so würde man noch nicht wissen, wie die Verwechslungsfarbe erscheint. Denn wenn das Farbensystem der partiell Farbenblinden nur aus Blau und Gelb einerseits, und aus Grün und Roth andrerseits besteht, so müssen die Verwechslungsfarben der ersten Gruppe nur aus Gelb, Blau, Schwarz und Weiss nicht nur gemischt werden können, sondern sie dürften anschaulich dargestellt auch gar keine Stiche in's Grüne und Rothe zeigen, und die der zweiten Gruppe müssten aus Roth und Grün gemischt werden können, ohne dass sie Stiche in's Blaue und Gelbe aufwiesen. Aus diesen Gründen wird es also auch zu Nichts führen können, wenn man das Spectrum in farbigen Wollbündeln nachlegen lässt, wie man dies versucht hat, oder statt einer Spectralfarbe eine Contrastfarbe als Vorlage benutzt. Zu genaueren Resultaten würde man kommen, wenn man den Maxwell'schen Farbenkreisel benutzte, allein ein solches Verfahren würde sehr viel Zeit und Mühe kosten, und eine anschauliche und übersichtliche Dar-

stellung der auf diesem Wege erhaltenen Verwechslungsfarben würde kaum zu erreichen sein.

Wenn wir hingegen durch directe Mischung der Malerfarben die Verwechslungstöne bestimmten, so würden wir unserem Ziele beträchtlich näher rücken. Es wäre die Reihenfolge der hauptsächlichsten Farbentöne des normalen Auges anschaulich darzustellen, wobei wir eine Art Nachbildung des Spectrums mit Hinzufügung der Uebergangsfarben zwischen Roth und Blau erhalten würden, und dann wäre zu jeder einzelnen Farbe die Verwechslungsfarbe der betreffenden Gruppe partiell Farbenblinder zu mischen. Man muss zu dieser Untersuchung nur intelligente und wo möglich gebildete Personen benutzen, die ihren Fehler kennen und den Untersucher zu unterstützen trachten. Wählt man zur Herstellung der Verwechslungstöne nur solche Farben, deren wirkliche Qualität von dem Untersuchten empfunden wird, so kann man durch richtiges Fragen leicht die Helligkeit und die Nuance herausbekommen, welche zu einer wirklichen Verwechslungsfarbe notwendig sind. Hat man sich doch vorher durch die Contrastprüfung und durch die Untersuchung mit Metallspectren über den Ton klar werden können, in welchem eine beliebige Farbe dem farbenblinden Auge erscheinen muss. Eine beträchtliche Unterstützung gewährt es, den zu Untersuchenden zu veranlassen, keinerlei Ausdrücke für Farben zu gebrauchen, die er nicht in ihrer wirklichen Qualität sehen kann. Die einen ersucht man, nur die

Ausdrücke Gelb, Blau, Grau, Schwarz, Weiss und allenfalls Braun, die Andern nur die Ausdrücke Roth, Grün, Grau etc. zu benutzen. Bei intelligenten Leuten hat dies gar keine Schwierigkeiten, und andere sind für diese Untersuchungen unbrauchbar.

In wie weit nun auf dem eingeschlagenen Wege fortzuschreiten sei, wird aus dem Folgenden hervorgehen. Es mag vielleicht Einzelnen scheinen, als fehle einer solchen Untersuchung die mathematische und physikalische Exactheit. Dem gegenüber muss betont werden, dass es sich hier nicht um Constructionen von Curven der Erregbarkeit irgend welcher Nervenprocesse und den mathematischen Ausdruck derselben handelt, sondern darum, genau die Verwechslungsfarben der Farbenblinden zu bestimmen, und zwar so zu bestimmen, dass man sich ein anschauliches Bild ihrer mangelhaften Farbensysteme machen kann. Es kann für einen derartigen Zweck nicht das geringste Interesse bieten, etwa die Wellenlängen von zwei mit einander verwechselten Farben zu berechnen, weil dieselben Nichts mit der Qualität der Empfindung zu schaffen haben. Wer sich übrigens die Mühe geben will, die hier gegebenen Resultate einer scheinbar groben Methode etwa mit den Resultaten der Untersuchungen über die Empfindlichkeit für spectrales Licht zu vergleichen, muss leicht finden, dass, was dort in Farben ausgedrückt ist, hier graphisch durch Curven dargestellt wurde. —

Die Mischungsgesetze der Malerpigmente ziehen für die anschauliche Darstellung gewisse Gränzen, die freilich einer absoluten Treue Eintrag thun müssen. So ist es z. B. nicht möglich, ein dunkles Gelb zu mischen, was nicht einen Stich in's Rothe hätte, etc. Diese notwendigen und nicht zu vermeidenden Ungenauigkeiten müssen in jedem einzelnen Falle näher beleuchtet werden. Im Ganzen aber dürfte es wohl gelingen, ein wirklich anschauliches Bild der Farbensysteme Farbenblinder herzustellen, und in einer solchen anschaulichen Darstellung leicht jene hauptsächlichsten Gesetze practisch erwiesen zu finden, die oben theoretisch abgeleitet wurden.

IV. CAPITEL.

Roth-Grünblindheit.

(Anerythropsie, Aglaucopsie, Achloropsie.)

In diese erste, zahlreichste Klasse gehören nach dem Vorhergehenden solche Personen, welche auffällige Farbenverwechslungen begehen, und denen bei der Prüfung durch Simultancontrast die rothen und grünen Schatten dunkel, farblos erscheinen, die aber die blauen und gelben Schatten ebenso gut wahrnehmen,

wie Normalfarbensichtige. Am Spectralapparat zeigt sich nach allen Versuchen übereinstimmend, dass das Spectrum sämmtlichen Farbenblinden dieser Kategorie zweifarbig erscheint, Gelb und Blau, in der Mitte durch einen neutralen grauen Streifen getrennt, dessen präcise Stelle, wie unten gezeigt werden wird, von der Empfindlichkeit für homogenes Licht abhängen muss. Diese Empfindlichkeit ist, wie bereits oben erwähnt, ausserordentlichen Schwankungen unterworfen, und beziehen sich dieselben für die erste Klasse hauptsächlich auf das spectrale Roth. Die Lichtempfindlichkeit für diese Farbe kann soweit sinken, dass das Spectrum überhaupt erst in der Nähe der Linie D anfängt, somit eine absolute Amaurose für spectrales Roth besteht. In der grossen Mehrzahl der Fälle ist jedoch das Spectrum von normaler Länge, sodass die rothe Kaliumlinie sehr gut als heller Streifen wahrgenommen wird. Es ist aber sicher, dass die Empfindlichkeit für Roth als Licht auch in solchen Fällen häufig beträchtlich geringer als für das normale Auge ist. Auch scheint es, als ob die Lichtempfindlichkeit für Grün ebenfalls geringer sein könne als in der Norm. Zweifellos indess ist das Spectrum stets continuirlich, und nicht etwa, wie dies in pathologischen Fällen vorkommen kann, durch breite dunkle Streifen unterbrochen. Die Differenzen in der Lichtempfindlichkeit für Grün sind nicht bedeutend, im Gegensatz zu denen für Roth. Diese Thatsachen, welche bei den übrigen Klassen ihr Analogon

besitzen, weisen deutlich genug darauf hin, dass die Farbenblindheit in keinem bedingungslosen Connexus zur Lichtempfindlichkeit resp. ihrer Herabsetzung steht. Vielmehr muss man sich vorstellen, dass in vielen Fällen zu einer mangelhaften Entwickelung der die Farbenempfindung vermittelnden Substanzen, sich aus vielleicht später klar werdenden embryologischen Verhältnissen auch eine mangelhafte Entwicklung der lichtempfindlichen Apparate gesellt habe.

Wenn übrigens sehr genaue Untersuchungen mittelst feinerer Methoden alle möglichen Uebergänge in der Lichtempfindlichkeit für spectrales Roth nachweisen könnten, so werden für das Sehen objectiver Farben doch nur Differenzen in's Gewicht fallen, welche auch ohne difficile physikalische Hülfsmittel erkennbar sind. Die Differenzen für grünes Licht können daher für's Erste ausser Acht gelassen werden, und je nach den, deutlich auch mit weniger delicaten Methoden zu constatirenden, Differenzen in der so ausserordentlich verschiedenen Lichtempfindlichkeit für Roth können wir in für unsere Zwecke völlig genügender Weise die Klasse der Roth-Grünblinden in drei Gruppen theilen, nämlich

1) Roth-Grünblinde mit normaler Sehschärfe für Roth,
2) „ „ mit deutlich herabgesetzter Sehschärfe für Roth,
3) „ „ mit Blindheit für Roth.

Bei normaler Sehschärfe für Roth werden die früher

zu diesem Zweck construirten Tafeln*), welche intensiv rothe Buchstaben auf schwarzem Grunde zeigen, in den für das normale Auge gültigen Distanzen leicht entziffert, und zeigen die Verwechslungsfarben des Roth gleiche Lichtstärke mit diesem. Bei herabgesetzter Sehschärfe für Roth werden die genannten Tafeln nicht in den für das normale Auge gültigen Distanzen entziffert, und lassen deutliche Differenzen im Vergleich zu gelben, grünen und blauen Buchstaben erkennen. Die Verwechslungsfarben für das intensivste Roth zeigen merklich geringere Lichtstärke. Bei verkürztem Spectrum endlich werden die Differenzen bei Prüfungen mittelst der farbigen Buchstabentafeln so auffallend, dass auf der rothen Tafel fast kein Buchstabe erkannt wird, während auf den übrigen alle gelesen werden, und die Verwechslungsfarbe für das intensivste Roth wird geradezu Schwarz.

Auf Tafel I finden sich nun nach dem im Eingang beschriebenen Verfahren drei Farbensysteme von Roth-Grünblinden anschaulich dargestellt, welche eine directe Vergleichung der Verwechslungsfarben der beiden ersten Gruppen ermöglichen.

Die beiden oberen Systeme entsprechen der Roth-Grünblindheit mit normaler Sehschärfe für Roth, das unterste solcher mit herabgesetzter. —

---

*) Beiträge zur Lehre von den Farbenempfindungen. 4. Heft. 1876.

Es erhellt aus dem ersten Ueberblick über diese Tafel, dass, da die Reihen 2, 3, 4 von den betreffenden Farbenblinden identisch gesehen werden mit der Reihe 1, dass hier zwei Farben vollkommen fehlen, Roth und Grün. Ueberall da, wo die Reihe 1 einen lebhaften rothen oder grünen Ton zeigt, gleichviel ob derselbe rein roth oder grün, oder in's Gelbe oder Blaue spielt, zeigt die entsprechende Reihe des farbenblinden Auges einen matten Ton, der gelblich oder bläulich ist, oder ein vollkommen neutrales Grau. Spielt ein rother oder grüner Ton stärker in's Gelbe oder Blaue, wird derselbe zu wirklichem Rothgelb und Gelbroth, Gelbgrün, Rothblau etc., so wird auch der entsprechende Verwechslungston lebhafter gelb oder blau, bleibt aber unter allen Umständen viel weniger energisch, als die Probefarbe, und wird im Gegenteile um so matter, je weniger gelbe oder blaue Beimischung die erstere zeigt, je reiner, je intensiver sie wird. Nur das reine lebhafte Gelb und Blau ist in allen Reihen identisch. —

Dass für einen jeden Farbenblinden sämmtliche für denselben mögliche Verwechslungen aus einer solchen übersichtlichen Darstellung mit grösster Leichtigkeit abgeleitet werden können, liegt auf der Hand. Man hat dazu nur nötig, von der ersten Verwechslungsfarbe auszugehen und in der Reihe die gleiche zu suchen. Es ist z. B. der 4. Ton in der ersten Reihe Orange. Dasselbe kann von dem betreffenden Farbenblinden

ausser mit dem direct unter ihm befindlichen Gelb, welches seine wirkliche Verwechslungsfarbe ist, d. h. die, in welcher in der That Orange ihm erscheinen muss, nur noch mit dem Tone Nr. 7, Gelbgrün verwechselt werden, denn ausser diesem findet sich in der ganzen Reihe keiner, der die gleiche Verwechslungsfarbe zeigt.

Es giebt ferner eine solche übersichtliche Darstellung eine deutliche Illustration von der Unterschiedsempfindlichkeit des farbenblinden Auges, welche vielfach feiner sein muss, als die des normalen, wie oben rein speculativ deducirt wurde. Man betrachte die ganze Reihe der grünen Töne bis zu ihrem Uebergang in Blau. Die Töne 7—11 gehen für das normale Auge viel continuirlicher in einander über, als die entsprechenden Verwechslungstöne, welche namentlich zwischen 7 und 8, 10 und 11, grosse Sprünge zeigen, und daher ganz offenbar von einem farbenblinden Auge viel leichter unterschieden werden müssen, als von einem nicht farbenblinden. Der Ton 8 ist immer noch deutlich gelbgrün, es würde sich aber bei Analyse mit dem Prisma zeigen, dass er mehr Blau reflectirt, als der vorhergehende, und die antagonistische Farbe, welche für das normale Auge vom Grün übertönt wird, ruft im farbenblinden bereits relativ beträchtliche Veränderungen hervor.

Eine besondere Beachtung verdienen die mit reinem Grau verwechselten Töne. Wie man sieht, sind

für die erste Gruppe diese Töne nirgends complementär, sie haben den gleichen Stich in's Blaue, es sind deutliches Blaugrün und Blauroth. Sowie das Grau einen Stich in's Gelbe oder Blaue annimmt, ändert sich auch in der oberen Reihe der Ton entsprechend genau.

Dass unter Umständen durch Verschiedenheiten in der Empfindlichkeit für homogenes Licht die Unterschiedsempfindlichkeit Farbenblinder, Normalsichtigen gegenüber, durch die Entstehung grösserer Helligkeitsdifferenzen noch erhöht werden muss, geht ebenfalls aus der Uebersicht dieser Tafel hervor. So ist in der untersten Reihe der Helligkeitsunterschied zwischen den Verwechslungstönen 1 und 2 grösser, als zwischen den entsprechenden Tönen für das normale Auge.

Vergleichen wir nun die Systeme der Roth-Grünblinden mit im Ganzen normaler Sehschärfe für Roth, also die Reihen 2 und 3, so finden sich, da in der Reihe 3 die Empfindlichkeit für Roth ein wenig geringer ist, als in der Reihe 2, schon hier einige kleine Differenzen. Das Roth erscheint in Fall 2 ein wenig dunkler, und auch für Grün scheint die Empfindlichkeit ein wenig geringer zu sein, da die Verwechslungsfarbe für 7 und 10 etwas dunkler als im ersten Falle ist. Ebenso verhält es sich mit einigen Rosa-Tönen, die deutlichste Farbendifferenz zeigt sich aber bei Blaugrün und Blauroth, hier ist die Verwechslungsfarbe im zweiten Falle ein wenig blauer, weil Roth und Grün, welche gelb er-

scheinen, nicht den ebenso starken Eindruck machen, als im ersten Falle, und demnach die Gegenfarbe stärker hervortreten kann.

Bei nachweisbar herabgesetzter Empfindlichkeit für Roth treten nun diese Differenzen stärker hervor. Die dem Roth entsprechenden Verwechslungsfarben werden bedeutend dunkler, und von dem Moment an, in welchem das Rothe beginnt, sich mit Blau zu mischen, tritt die letztere Farbe, als die übertönende antagonistische, so stark hervor, dass die Verwechslungsfarbe schon da einen deutlichen Stich in's Blaue zeigt, wo dieselbe für Roth-Grünblinde mit normaler Empfindlichkeit für Roth noch deutlich in's Gelbe spielt, gelbgrau ist, und ziemlich intensiv blau wird, wo dort sich reines Grau zeigt.

Wir kommen zur dritten Gruppe der Roth-Grünblinden, der mit wirklicher Blindheit für rothes Licht, bei welchen regelmässig eine Verkürzung des Spectrum nachzuweisen ist, die mehr oder minder beträchtlich sein kann, für welche wir aber für unsere Zwecke keine genaueren Gränzen zu ziehen gezwungen sind.

Auf Tafel II findet sich eine übersichtliche Darstellung der Verwechslungsfarben dieser Klasse, nach der Untersuchung von einer Anzahl Fällen, die für die Bildung einer deutlichen Anschauung völlig für's Erste genügen dürften. —

Es springen ebenfalls beim ersten Ueberblick alle Verhältnisse, nur noch schärfer ausgeprägt, in die

Augen, welche bei der Besprechung der ersten Gruppe erörtert worden sind. Das gesammte Farbensystem besteht nur aus Gelb, Blau, Schwarz und Weiss. Die für das farbenblinde Auge schrofferen Uebergänge benachbarter Töne sind ebenso deutlich oder noch deutlicher als bei Gruppe 1 und 2; besonders zeigen sich Helligkeitsunterschiede an Orten, wo das normale Auge dieselben kaum bemerkt, z. B. zwischen 10 und 11, von denen der letztere nur ein wenig mehr in's Grün fällt, als der erstere, zwischen 12 und 13, für welche Töne sowohl Farben- als Helligkeitsunterschied für das farbenblinde Auge viel beträchtlicher ist, als für das normale. Die mit reinem Grau verwechselten Töne fallen etwas weniger deutlich in's Blaue, als die der ersten beiden Gruppen, ganz natürlich, weil dort das Roth als Gelb empfunden, und von einer grösseren Menge zugemischten Blau's zu reinem Grau neutralisirt werden muss, als hier, wo der Einfluss der rein rothen Strahlen wegfällt, und diese also nicht neutralisirt zu werden brauchen. Die genaue Betrachtung zeigt, dass auch in diesem Falle die Verwechslungstöne für reines Grau nicht complementär sind. Da es aber für ein ungeübtes Auge nicht leicht ist, die verschiedenen Nuancen des Grau von einander zu trennen, so kann eine derartige Verwechslung nahezu complementärer Töne vorkommen, ohne dass sich ein allgemein gültiger Schluss daraus ziehen liesse. —

Aus dem Gesagten geht hervor, dass der graue,

neutrale Streifen, welcher im Spectrum der Roth-Grünblinden den gelben und den blauen Theil trennt, seine Stelle genau der Empfindlichkeit für homogenes Licht entsprechend finden muss. Je mehr die Empfindlichkeit für spectrales Grün sinkt, desto mehr muss die genaue Stelle des grauen Streifens im Spectrum nach links rücken, da Grünblau alsdann schon bläulich erscheinen muss; ist jedoch die Empfindlichkeit für Grün normal, so wird seine Stelle etwas mehr nach rechts hinrücken. Uebrigens unterliegt die Bestimmung dieses Streifens am Spectroscop gewissen Schwierigkeiten, die man nur durch Untersuchung sehr intelligenter und im Beobachten geübter farbenblinder Personen beseitigen kann. Ob eine besondere Wichtigkeit diesen Streifen zuzuschreiben sein dürfte, steht noch dahin. Da die Empfindlichkeit für Grün keine sehr bedeutenden Schwankungen aufweist, können auch die Differenzen in der genauen Stelle des Streifens im Spectrum nicht sehr bedeutend sein. Sollten sich ja einmal beträchtlichere Differenzen zeigen, so ist jedenfalls genau zu controliren, wie viel davon auf mangelnde Beobachtungsfähigkeit zu schieben ist. Denn es ist sehr schwer auch für einen geübten Normalfarbensichtigen, zu bestimmen, was reines Grau sei. Uebrigens sollte man denken, dass bei genauer Prüfung mit lichtstarken Spectren sich ein zweiter neutraler Streifen im Violett finden müsse, welchen Punkt man bis jetzt noch nicht untersucht hat.

Die Verschiedenheiten in den Systemen der einzelnen Fälle der dritten Gruppe sind wenig bemerkenswerth. Sie sind nur an der linken Seite anzutreffen, und beziehen sich hauptsächlich auf geringe Unterschiede in der Lichtstärke. Im Falle 1 ist die Verkürzung offenbar am geringsten, da die Verwechslungsfarbe für intensives Zinnoberroth ein dunkles Braun ist, für die übrigen dagegen Gelbschwarz und reines Schwarz. Im Uebrigen stimmen die Verwechslungstöne vollkommen, und die Uebereinstimmung derselben ist eine um so auffallendere, als die einzelnen Systeme, aus welchen die Tafeln durch sorgfältige Vergleichung zusammengesetzt sind, meistens ganz unabhängig von einander, zu verschiedener Zeit und bei der verschiedensten Beleuchtung nach der geschilderten Methode erhalten wurden.

Vergleicht man endlich die extremsten Fälle sämmtlicher 3 Gruppen mit einander, so ist leicht einzusehen, dass in der Mitte der Systeme, vom Uebergang in das Grün bis zum deutlichen Beginn des Rothblauen, die Verwechslungsfarben genau dieselben sind, und die bestehenden Differenzen sich auf die Enden der Farbenreihen beschränken. Die grössten Unterschiede in Bezug auf die Lichtstärke befinden sich links, die in Bezug auf den Farbenton rechts. Hier unterscheiden sich die Verwechslungstöne der dritten Gruppe kaum von denen der zweiten. Es zeigen also die Tafeln deutlich genug die continuirlichen Uebergänge

sämmtlicher zur Roth-Grünblindheit zu rechnenden Möglichkeiten.

Fragen wir nunmehr, ob die gegebene anschauliche Umstellung genau dem wirklichen Sehen der Roth-Grünblinden entspreche, so sehen wir uns genöthigt, einige Restrictionen zu machen, welche aber der Treue der Darstellung im Ganzen kaum Eintrag thun, und eben durch die Gränzen bedingt sind, welche die Mischungsverhältnisse der Pigmente ziehen.

Alles Gelb reflectirt viel rothe Strahlen, welche sich geltend machen, sowie das Gelb lichtschwach wird. Dunkles Gelb, Braun, hat daher immer einen Stich in's Rothe, und es geben somit die braunen Töne kein ganz genaues Bild der entsprechenden Verwechslungsfarben. Vielmehr muss das farbenblinde Auge statt des Braun ein so mattes Gelb erblicken, wie es für das normale Auge nicht existirt. Die Verwechslungstöne für Gelbroth sind folglich in den hier dargestellten Systemen Roth-Grünblinder mit unverkürztem Spectrum nicht ganz getreu, wohl aber sind sie dies bei verkürztem Spectrum, denn hier nähern sie sich überall dem Schwarz. — Die zweite Abweichung bezieht sich auf Grau und Blau. Es ist nämlich klar, dass bei herabgesetzter Empfindlichkeit für Roth das Grau einen Stich in's Blaue haben muss, und das Blau noch blauer erscheinen, bei verkürztem Spectrum würde die Differenz an grössten sein. Dass aber diese beiden Abweichungen im Ganzen der Treue des Bildes keinen

grossen Eintrag thun, wird man nicht bestreiten können. Es ist für die Erkenntniss der wichtigsten Gesetze, wie für die später abzuleitenden practischen Resultate genügend, wenn das Bild nur ein annähernd genaues ist. Auch ist kaum einzusehen, wie demselben eine grössere Genauigkeit verschafft werden könnte.

Diese anschauliche Darstellung dient schliesslich in sehr prägnanter Weise als weitere Stütze für die Hering'sche Theorie, wenn man die sämmtlichen Verwechslungstöne für bestimmte Farben miteinander vergleicht, und alle Möglichkeiten sich klar darzulegen sucht, welche aus den beiden sich gegenüberstehenden Theorien in Bezug auf den wirklichen Eindruck, den ein farbenblindes Auge bekommen muss, abzuleiten sind. Wenn z. B. Orange identisch gesehen wird mit Grün und mattem Gelb, so sind nur folgende Fälle möglich. Entweder

1) das Orange erscheint Grün. Nach der Young'schen Hypothese läge also Rothblindheit vor, und müsste offenbar dann das matte Gelb auch Grün erscheinen. Es erschien demnach eine für das normale Auge matte, wenig intensive, Farbe gleich mit einer sehr lebhaften. Alsdann ist nicht einmal einzusehen, wie eine Gleichheit möglich ist, da, wenn die matte Farbe lebhaft erscheint, die lebhafte doch noch lebhafter erscheinen müsste. Ferner aber wäre offenbar ein farbenblindes Auge viel farbenempfindlicher als ein normales, und das letztere wäre eigentlich das

farbenblinde. Schliesslich müssten wir diese Folgerungen ausdehnen auf die ganze Reihe der rothen Töne, welche mit Schwarz oder Dunkelgrau identisch gesehen werden, und die Anhänger der Young'schen Theorie müssten behaupten, dass in der Reihe 1, Tafel II, das Schwarz wirklich intensiv dunkel carminroth erschiene. Da aber bei Leuten, deren Farbensystem diese Reihe entspricht, die linke Hälfte des Spectrum beträchtlich verkürzt ist, sodass die rothen Linien des Kalium, Lithium, Calcium gar nicht wahrgenommen werden, so ist es unabweislich, dass wirklich Carminroth schwarz erscheint, und demnach das ganze Schlussgebäude fallen muss. Es ist also nicht möglich, dass Orange Grün erscheint.

2) Grün erscheint Orange. Nach der Young'schen Hypothese läge Grünblindheit vor. Hier würde dieselbe Schlussfolgerung, wie im vorigen Fall sich entwickeln, und auch dieser Fall würde sich als unmöglich herausstellen müssen.

Es bleibt daher nur der dritte Fall, dass nämlich lebhaftes Orange und Grün beide mattgelb erscheinen, wobei allerdings nicht ausgeschlossen ist, dass das Gelb dem farbenblinden Auge allenfalls noch matter erscheinen kann als dem normalen, eine Möglichkeit, die leicht dadurch widerlegt wird, dass die Contrastreactionen sich mit den normalen für Blau und Gelb völlig decken.

Die hier gegebene Deduction lässt sich nun durch die ganze Reihe der Verwechslungstöne hindurch an-

wenden, und dürfte somit auch von ihr aus die Unhaltbarkeit einer Einteilung in Rothblindheit und Grünblindheit, wie die Young'sche Hypothese will, erwiesen sein. —

Es ist hier noch am Platz, die Beobachtung zu erklären, dass in einer gewissen Zahl von Fällen dunkles Grün mit hellem Roth, in anderen dagegen helles Grün mit dunklem Roth verwechselt wird, ein Umstand, der auch jetzt noch zu Gunsten einer gesonderten Rothblindheit und Grünblindheit angeführt wird. Im ersten Falle besteht Roth-Grünblindheit mit verkürztem Spectrum. Helles Roth erscheint beträchtlich dunkler, als bei normaler Lichtempfindlichkeit für diese Farbe, es sieht dunkelgelb, tief braun aus und kann demnach mit einem dunklen Gelbgrün verwechselt werden. Im zweiten Falle besteht Roth-Grünblindheit mit unverkürztem Spectrum. Bei gleicher Lichtstärke macht das Roth, weil ihm von allen Pigmenten am wenigsten weisses Licht beigemischt ist, der grösseren Farbenintensität halber den Eindruck der geringeren Lichtstärke. Es tritt dieses Verhältniss besonders deutlich hervor, wenn Roth mit Grau verglichen wird, wie auf Tafel IV. Für Jemanden, der nicht speciell darauf eingeübt ist, verschiedene Farben in Bezug auf ihre Lichtstärke zu vergleichen, sind solche Bestimmungen recht schwierig, und da die in Rede stehende Beobachtung hauptsächlich das Resultat der Sortirung farbiger Muster gewesen ist, so ist es auch sehr wahrscheinlich,

dass vielfach hierher gehörige Irrthümer von Seiten des Beobachters mit untergelaufen sind. Aber auch da, wo dies unmöglich der Fall gewesen sein kann, wie bei den Untersuchungen von Donders, findet sich die Erklärung in einer Herabsetzung der Lichtempfindlichkeit für Grün. So findet sich auf Tafel I. in der vierten Reihe für das hellste Gelbgrün ein dunkeles Gelb als Verwechslungsfarbe, welches mit dem vierten Tone der Probereihe verwechselt werden wird, wobei dieser letztere sogar noch dunkler sein könnte.

Wie man sieht, stellt die Probereihe eine Nachbildung des Spectrum dar, und es erklärt sich daher auch durch den Vergleich mit den Reihen der Verwechslungstöne, warum im Spectroscop die meisten Roth-Grünblinden — die mit unverkürztem Spectrum — das Roth farbig sehen, das Grün dagegen nicht. Wenngleich das Licht, welches die Pigmente zurückwerfen, kein sogenanntes homogenes ist, so ist doch der Eindruck, den die Spectralfarben auf ein farbenblindes Auge machen, kein anderer, als der der genau entsprechenden Pigmentfarben. Die Annahme einer sogenannten Grün-Amblyopie beruht auf nichts Anderem, als dass Roth im Spectrum farbig erscheinen muss, wenn keine Verkürzung vorhanden ist; es erscheint aber nicht roth, wie man geglaubt hat, sondern dunkelgelb, das Grün aber erscheint bald gelb, bald gelbgrau, also im hellen Spectrum beinahe weiss, bald rein grau,

also im hellen Spectrum weiss, bald bläulich. Das Roth erscheint immer farbig, das Grün aber bald farbig, bald farblos, weil letzteres auch im Spectrum allmälich vom Gelbgrün zum Blaugrün übergeht, während das erstere nicht vom Gelbroth zum Blauroth im Spectrum übergehen kann. Man vergisst darüber, dass im Spectrum genaue physikalische Bestimmungen möglich sind, dass dasselbe gar nicht einmal alle Farbentöne enthält, und desshalb für Untersuchungen, wie die vorliegenden, keineswegs eine so grosse Wichtigkeit besitzt, wie man vielfach zu glauben geneigt ist.

Es bleibt noch übrig, zu untersuchen, was für Roth-Grünblinde farblos sei. Wenn die Lichtempfindlichkeit für Roth und Grün normal ist, so erscheint reines Grau und Weiss ihnen mit Notwendigkeit genau wie Normalfarbensichtigen. Ist jedoch die Lichtempfindlichkeit für Roth oder Grün herabgesetzt, so muss ein Pigment, welches dem normalen Auge rein grau erscheint, bläulich erscheinen. In solchen Fällen würde ein dem farbenblinden Auge reines Grau dem normalen leicht gelblich gefärbt erscheinen müssen. Wenn auch die Unterschiede nicht sehr gross sind, so muss demnach doch dem Farbenblinden Manches leicht farbig erscheinen, was dem Normalsichtigen völlig farblos ist.

V. CAPITEL.

Blau-Gelbblindheit.

(Akyanopsie, Axanthopsie.)

Diese zweite Hauptspecies der partiellen Farbenblindheit ist im Vergleich zu der fast alltäglichen im Vorigen beschriebenen Anomalie selten, und desshalb von nicht so grosser practischer Bedeutung, als die Roth-Grünblindheit, ohne dass sie darum auch bei den officiellen Prüfungen vernachlässigt werden dürfte, wie weiter unten auseinandergesetzt werden wird. Sie ist aber von einem ganz besonderen theoretischen Interesse, weil sie die völlige Kehrseite der zuerst geschilderten Species darstellt. Es sind als blau-gelbblind diejenigen Personen anzusehen, welche auffällige Farbenverwechslungen begehen, und bei der Prüfung durch Simultancontrast die blauen und gelben Schatten farblos sehen, die rothen und grünen dagegen gut wahrnehmen. Auch im Spectrum sehen solche Leute nur zwei Farben, Roth und Grün. Das spectrale Gelb erscheint roth bis zur Linie D inclusive, das spectrale Blau grau, oder röthlich, wenn es sich dem Violett nähert. Violett erscheint ebenfalls röthlich. Das Spectrum kann, wie bei der Roth-Grünblindheit, die normale Länge haben, oder enorm verkürzt sein. Die Verkürzung kann so

weit gehen, dass von der Thalliumlinie nach rechts hin im Spectrum selbst bei Magnesium-Beleuchtung nicht einmal eine Helligkeit wahrgenommen wird, dass somit eine Blindheit besteht nicht nur für violettes und blaues Licht, sondern sogar für einen Theil der grünen Strahlen. Auf die Zusammensetzung des eigentlichen Farbensystems hat die Empfindlichkeit für spectrales Licht ebenso wenig Einfluss, wie dies bei der Roth-Grünblindheit der Fall ist. Sowie dort unter allen Umständen das Farbensystem aus Gelb und Blau besteht, so besteht es hier aus Roth und Grün. In Bezug auf das Sehen der einzelnen objectiven Farben entspringen aber aus der Verschiedenheit der Empfindlichkeit für spectrales Licht analoge Verschiedenheiten, wie die dort erläuterten.

Es existirt bis jetzt ein nur geringes casuistisches Material für das Studium der Blau-Gelbblindheit, und von den mir im Ganzen zur Beobachtung gekommenen sieben Fällen standen mir für die anschauliche Darstellung nur drei zur Verfügung. Da jedoch zwei von diesen ein hochgradig verkürztes, der dritte aber ein nicht nachweisbar verkürztes Spectrum aufwiesen, so wird es auch für diese seltenere Anomalie in für's Erste genügender Weise möglich sein, die Hauptsachen anschaulich darzustellen.

Auf Tafel III versinnlichen die Reihen 1 und 2 das Farbensystem bei Blau-Gelbblindheit ohne nachweisbare Verkürzung des Spectrum. Gelb und Blau

fehlen in der Reihe der Verwechslungstöne bis auf wenige gleich zu erklärende Ausnahmen. Wo das Roth der Probereihe einen Stich in's Gelbe bietet, fehlt derselbe in der Serie der Verwechslungsfarben, in der letzteren ist das Roth reiner. Orange ist identisch mit matterem Roth, glänzendes Chromgelb mit hellem, weisslichen Roth. Ein weisslicheres, aber noch sehr deutliches Gelb ist identisch mit hellem gelblichen Grau; ein bereits stark in's Grüne fallendes Gelb erscheint ebenfalls in einem dem Grau sich nähernden Tone, weil das im Gelbgrün enthaltene Gelb roth erscheint und sich mit dem Grün neutralisiren muss. Sämmtliche Verwechslungsfarben des Gelbrothen, Gelben und Gelbgrünen erscheinen in der Farbe weniger intensiv, matter als der der Norm entsprechende Ton. Das reine Grün erscheint ebenso, wie in der Norm, sobald es jedoch in's Blaue übergeht, wird der Ton mehr ein dem Grau sich zuneigender, weil von grünblauen Pigmenten auch rothe und violette Strahlen reflectirt werden, die die grünen zum Theil neutralisiren können, und die blauen Strahlen selbst zum Theil nur einen Lichteindruck hervorrufen. Statt des Blau finden sich mattere Töne, grünliches Grau, Grau oder matteres Blau. Wenn das Blau noch einen Stich in's Grünliche zeigt, wird dies Grün noch wahrgenommen, das Blau erscheint farblos, und so ist die Entstehung der grünlich grauen Verwechslungstöne leicht erklärt. Wo dieser Stich in's Grüne fehlt, ist auch der Verwechslungston

deutlicher grau, wie bei 21 Taf. III. Wenn dem intensiven Blau bei 19 ein weniger intensives Blau als Verwechslungsfarbe zukommt, so hat diese Abweichung von der Treue der anschaulichen Darstellung ihren Grund in den Mischungsverhältnissen der Malerfarben. Es ist klar, dass das weniger intensive Blau so gut wie gar nicht wahrgenommen werden kann, und wird wahrscheinlich in Wirklichkeit dem blau-gelbblinden Auge ein röthlich grauer Ton erscheinen, da das Blau bereits einen Stich in's Röthliche zeigt. Die Verwechslungstöne des Violetten zeigen röthliche Nuancen, in denen das Blau fehlt.

Reihe 3 und 4 zeigen das Farbensystem eines Blau-Gelbblinden mit verkürztem Spectrum. Die Verkürzung war eine so hochgradige, dass von der Thalliumlinie ab das Spectrum des reflectirten Sonnenlichtes dunkel erschien, im Magnesiumlicht erschien jedoch diese Partie noch hell, aber ohne Farbe. Ferner bestand in diesem Falle herabgesetzte Empfindlichkeit für Gelb. Dies illustrirt auch deutlich die Reihe der Verwechslungstöne, welche für Gelbroth und Gelb ein dunkleres Roth zeigen, als im ersten Falle, während sich sonst eine grosse Uebereinstimmung in Bezug auf den Ton geltend macht. Die Verwechslungstöne des Gelbgrün fallen hier nicht so sehr in's Graue, wie bei unverkürztem Spectrum, weil die Empfindlichkeit für Grün eine geringere ist. Es muss also der Verwechslungsfarbe mehr Grün zugesetzt werden, wenn das als Roth

empfundene Gelb das erstere neutralisiren soll. Was dem blau-gelbblinden Auge mit normalem Spectrum grau ist, erscheint dem mit verkürztem Spectrum, für das die blauen und ein Theil der grünen Strahlen ausfallen, röthlich grau, es wird also Gleichheit erst dann erreicht werden können, wenn die Verwechslungsfarbe grünlich wird. Hier finden wir demnach eine zweite Abweichung von der Treue in der anschaulichen Darstellung. Aus eben demselben Grunde fallen auch die Verwechslungstöne des Blau etwas stärker in's Grün. Dies Grün wird offenbar fast gar nicht wahrgenommen, und wird statt dessen ein viel mehr in's Graue fallender Ton gesehen, so wie bei unverkürztem Spectrum. Die Verwechslungstöne im Violett stimmen ganz mit denen im ersten Falle, weil die Unempfindlichkeit für die lichtschwachen violetten Strahlen des gewöhnlichen Tageslichtes nicht in's Gewicht fallen kann, das Pigment aber noch Roth reflectirt.

Es sind schliesslich auf der ersten Hälfte der Tafel V, in Reihe 1 und 2 die wichtigsten Verwechslungstöne eines Blau-Gelbblinden mit absoluter Amaurose für sämmtliche violette, blaue und einen Theil der grünen Strahlen dargestellt. Von der Thalliumlinie ab nach rechts hin wurde nicht einmal im Magnesiumlichte eine Helligkeit wahrgenommen. Dem entsprechend zeigt das intensivste Blau und auch intensives Gelbgrün (wobei das als roth empfundene Gelb mit den noch wahrgenommenen grünen Strahlen sich

zu Grau neutralisiren muss) ganz tiefes Dunkelgrau als Verweehslungsfarbe. Die übrigen Töne weichen nur wenig oder gar nicht von den entsprechenden in den übrigen Fällen ab.

Die mit reinem Grau verwechselten Töne sind in dem letzten Falle sehr deutlich nicht complementär. Bei normaler Empfindlichkeit für Grün würde das mit reinem Grau verwechselte Gelb weniger in's Grün fallen, müsste aber den grünlichen Ton beibehalten, da das reine Gelb bei 6 als Verwechslungsfarbe Rosa und das etwas weisslichere bei 7 gelbliches Grau zeigt. Auch das Blau würde in diesem Falle röthlicher werden, und die mit reinem Grau verwechselten Töne könnten sich daher bei unverkürztem Spectrum complementären nähern; es kehrt sich daher im Vergleich zur Roth-Grünblindheit das Verhältniss um.

Vergleicht man die Fälle mit einander, so zeigt sich ferner, dass an den beiden Enden der Reihen die Verwechslungstöne für verkürztes und unverkürztes Spectrum übereinstimmen, in der Mitte dagegen, besonders im Blau, beträchtlichere Differenzen zu constatiren sind, welche bereits begründet wurden. Es zeigt also auch hierin das Farbensystem der Blau-Gelbblinden die völlige Kehrseite desjenigen der Roth-Grünblinden, bei denen die grössten Verschiedenheiten an den Enden der Farbenserien sich zeigen, während sie in der Mitte fast völlig selbst für die extremsten Fälle übereinstimmen.

Es ist in hohem Grade wünschenswerth, das casuistische Material für die Akyanopsie zu vermehren und nach der hier geschilderten Methode auszunutzen. Mit fast absoluter Gewissheit wird man für diese dann die nämliche Genauigkeit in der anschaulichen Darstellung erreichen, wie für die Anerythropsie. Das bei der Betrachtung dieser entwickelte Gesetz, dass Farbenblinden vielfach eine feinere Unterschiedsempfindlichkeit zukommt, als Normalsichtigen, zeigt sich auch jetzt schon für die anschauliche Darstellung (vgl. die Töne bei 6 und 7 etc. auf Tafel III). Auch dürften sich ganz ähnliche Gruppen in Bezug auf die Empfindlichkeit für homogenes Licht mit derselben Präcision bilden lassen wie bei der Roth-Grünblindheit. Aber auch von unserem jetzigen Standpunkt aus tritt bereits für die Akyanopsie die Unabhängigkeit des qualitativen Farbensinnes von dem Lichtsinn deutlich genug hervor. Nicht nur die bereits nachgewiesenen Differenzen in der Lichtempfindlichkeit für Gelb und Blau, von denen besonders die für Blau den enormen Differenzen in der Empfindlichkeit für Roth bei Roth-Grünblinden vollkommen correspondiren, sprechen deutlich dafür, sondern einen besonders schwer wiegenden Beweisgrund kann man darin finden, dass eine Amaurose für einen Theil der grünen Strahlen vorhanden sein kann, ohne dass darum sich in der qualitativen Empfindlichkeit für Grün eine Abnormität nachweisen liesse.

Auch über die neutralen Stellen im Spectrum

sind erst noch genauere Untersuchungen zu machen. Bei verkürztem Spectrum ist zu erwarten, dass sich im Gelbgrün ein neutraler Streifen finden wird. In Fall II. dürfte der entsprechende Ton Nr. 8 der Verwechslungsreihe sein, der so ziemlich rein grau erscheinen wird, da die quantitative Empfindlichkeit für Grün geringer ist, als in der Norm. In Fall III. müssen wegen der enormen Verkürzung des Spectrum die mit reinem Grau verwechselten Töne nicht rein grau, sondern röthlich grau erscheinen, es würde also rein grau ein etwas graulicheres Gelb und ein etwas grünlicheres Blau gesehen werden. Bei unverkürztem Spectrum dagegen würde das mit reinem Grau identisch gesehene Gelb weniger in's Grüne fallen, aber sehr gross könnte der Unterschied nicht sein, da der entsprechende spectrale Ton zwischen 8 und 9 der ersten Reihe auf Tafel III. liegen muss. Die präcise Stelle dieses Streifens wird ebenfalls sehr schwer zu bestimmen sein, da ja auch nicht in's Grüne fallendes Gelb bereits in dem Grau sich nähernden Tönen erscheinen muss, jedenfalls hängt sie von der Empfindlichkeit für homogenes Licht genau ab. Es ist schliesslich klar, dass bei Blaublindheit mit normaler Länge des Spectrum sich zwei neutrale Stellen im Spectrum nachweisen lassen müssen, von denen die zweite im Blau, resp. im ersten Anfang des Violett liegen muss.

VI. CAPITEL.

Totale Farbenblindheit.

(Achromatopsie.)

Diese Anomalie ist ebenfalls selten, wol noch seltener im Ganzen, als die im vorigen Capitel besprochene. Die mit ihr behafteten Personen sehen Alles Grau in Grau, und lassen sich daher ihre Farbensysteme einfach durch Mischungen von Schwarz und Weiss herstellen.

Sowie völlige Rothblindheit bei normaler Länge der linken Hälfte, völlige Blaublindheit bei normaler Länge der rechten Hälfte des Spectrum bestehen kann, so ist es auch für die totale Farbenblindheit gleichgültig, ob die Sehschärfe für Licht bestimmter Brechbarkeit normal oder mangelhaft ist. Selbst die kleine Zahl von bis jetzt beobachteten Fällen zeigt, dass die Empfindlichkeit für verschieden farbiges Licht sehr verschieden sein kann. Das Spectrum kann von vollkommen normaler Länge, oder am einen oder an dem anderen Ende verkürzt sein. Dieses Verhältniss gestaltet sich demnach genau so wie bei der partiellen Farbenblindheit, und legt einen Grund mehr in die Waagschale für die relative Unabhängigkeit zwischen Lichtsinn und Farbensinn.

Selbst in pathologischen Fällen zeigt sich dies deutlich. Die Empfindlichkeit für homogenes Licht kann gleichmässig gesunken sein, oder ungleichmässig.

Behufs der anschaulichen Darstellung der Verschiedenheiten in den Farbensystemen dieser letzten Klasse standen mir nur drei Fälle zu Gebote, die jedoch genügen, um einen Begriff zu geben, wie total Farbenblinde sehen, wenn gleich nicht eine völlige Umgränzung des Gebietes der Achromatopsie damit gezogen ist. Auf der zweiten Hälfte der vierten Tafel finden sich die anschaulichen Darstellungen der Systeme zweier Fälle, in deren einem die Lichtempfindlichkeit für farbiges Licht nicht nachweisbar von der normalen differirt. Die Verwechslungstöne in Grau haben ziemlich die gleiche Lichtstärke mit der Probefarbe. Und doch ist in diesem Falle eine erworbene Farbenblindheit vorhanden gewesen, mit nur $^2/_3$ der normalen Sehschärfe. Der zweite Fall illustrirt das System einer einseitigen angeborenen Farbenblindheit mit völlig normaler Sehschärfe für Schwarz auf Weiss. Allein die Empfindlichkeit für Blau ist offenbar in diesem Falle beträchtlich geringer als für die übrigen Farben, da die Verwechslungstöne des reinen Blau und des Blauroth ein viel dunkleres Grau zeigen, als im ersten Falle.

Auf der ersten Hälfte der vierten Tafel findet sich schliesslich noch ein Fall von angeborener Achromatopsie mit einer hinzugetretenen Amblyopie, in welchem sich eine deutliche Herabsetzung der Licht-

empfindlichkeit für Roth und Grün zugleich, ganz unverhältnissmässig gegen die übrigen Farben, zeigt.

Wegen des geringen casuistischen Materials ist für diese Anomalie ein noch weniger genauer Vergleich möglich gewesen, als für die vorige. Es war dies auch hier nicht so leicht, wie bei der Roth-Grünblindheit, für deren Veranschaulichung mir soviel gebildete Farbenblinde zu Gebote standen, dass für eine einzige Probereihe mehrere Systeme von Verwechslungsfarben genommen werden konnten, während für die beiden übrigen Anomalieen dies nicht der Fall war, und das Material der hier vereinzelten Untersuchungsreihen in seiner Gesammtheit hat benutzt werden müssen. Daher die grössere Anzahl und die Verschiedenheit der Probereihen auf den beiden letzten Tafeln. Künftigen Untersuchungen wird es überlassen sein, den bezeichneten Weg weiter zu verfolgen, und das Gesammtmaterial zu vermehren.

VII. CAPITEL.

Zusätze.

Es giebt eine grosse Anzahl von Personen, denen, ohne dass sie farbenblind sind, doch unter gewissen Umständen die genaue Differenzirung von Farben schwer wird. Antagonistische Töne in dunklen Nuancen zu

unterscheiden gelingt ihnen nur mit Mühe, und in grösseren Entfernungen können sie Farbentöne nicht mehr unterscheiden, welche ein normales Auge noch mit Leichtigkeit erkennt.

Man bezeichnet diese Fälle als quantitative Störungen des Farbensinnes, und nach Allem, was man bis jetzt darüber weiss, bestätigen sie das Gesetz des Antagonismus. Entweder ist der Farbensinn für Roth und Grün zu gleicher Zeit herabgesetzt, und derartige Fälle sind am häufigsten beobachtet, oder für Blau und Gelb zu gleicher Zeit. Es ist wahrscheinlich, dass, wenn auch sehr selten, Fälle von allgemeiner Herabsetzung der Empfindlichkeit für Farben vorkommen. Wenn die Empfindlichkeit für Roth und Grün geschwächt ist, so zeigt sich dies am Besten bei der Beurteilung von solchen Farben, die von Roth-Grünblinden verwechselt werden. Herabgesetzte Empfindlichkeit für Blau und Gelb zeigt sich gut bei der Prüfung durch Simultancontrast, indem hier die gelbliche oder bläuliche Färbung des Schattens nicht, wie in der Norm, wahrgenommen wird. Auch bei der Herabsetzung des Farbensinnes für Roth und Grün werden schwache Contrastfarben schwer wahrgenommen, bei solcher für Blau und Gelb sind genauere Prüfungen mit Verwechslungsfarben wirklich Blau-Gelbblinder bis jetzt noch nicht vorgenommen worden.

Die wirkliche Blindheit für ein antagonistisches Farbenpaar complicirt sich nicht selten mit der herab-

gesetzten Empfindlichkeit für das zweite Paar, Roth-Grünblindheit mit herabgesetzter Empfindlichkeit für Blau-Gelb, und noch deutlicher Blau-Gelbblindheit mit herabgesetzter Empfindlichkeit für Roth-Grün. Die Uebergänge von der partiellen Farbenblindheit zur totalen sind demnach in doppeltem Sinne zu finden.

Eine anschauliche Darstellung des Farbensehens in Fällen von einfach herabgesetzter Farbenempfindlichkeit dürfte, wie man sieht, ziemlich überflüssig sein. Die Vorstellung dürfte genügen, dass in solchen Fällen in relativ zu grossen Entfernungen und bei schlechter Beleuchtung sich das Sehen dem der wirklich Farbenblinden in einem oder dem anderen Sinne annähert. Es ist wol anzunehmen, dass bei partiell Farbenblinden kleine Differenzen im Sehen auftreten müssen, je nachdem sich zu Blindheit für ein Farbenpaar herabgesetzte Empfindlichkeit für das andere gesellt, oder nicht. Es würde jedoch über den Rahmen unserer Darstellung, die doch zunächst auf das Legen eines gröberen Fundamentes gerichtet ist, hinausgehen, wenn wir über solche kleine Unterschiede genauere Betrachtungen anstellen wollten.

In wie weit etwa die Herabsetzung der Empfindlichkeit für homogenes Licht betheiligt ist an einer solchen Herabsetzung der Farbenempfindlichkeit, ist noch nicht untersucht worden. Es ist dies eine sehr interessante Frage, die indessen nur mittelst sehr feiner

Methoden entschieden werden kann, und auf die hiermit nur hingedeutet werden soll. —

Es ist noch übrig, einige seltenere Eigenthümlichkeiten des Sehens Farbenblinder anzuführen, die anzudeuten scheinen, dass auf dem ganzen Gebiete noch manches Räthselhafte seiner Lösung entgegensieht, und dem trotz des seltenen Vorkommens auch eine gewisse beschränkte practische Bedeutung nicht abzusprechen sein dürfte.

In Goethe's Farbenlehre*) findet sich über zwei von ihm beobachtete Farbenblinde die Bemerkung: „Mit uns scheinen sie Gelb, Rothgelb und Gelbroth zu sehen, bei dem letzten sagen sie, sie sähen das Gelbe gleichsam über dem Rothen schweben, wie lasirt."

Von jeher war mir diese Bemerkung höchst auffällig gewesen, ohne dass ich mir dieselbe im Geringsten hätte erklären können, bis sich mir zwei Fälle präsentirten, von welchen besonders der erste in prägnanter Weise auf sie zurückweist, und zu einer genaueren Prüfung dieser Erscheinung auffordern muss.

Dieser erste Fall betrifft eine blau-gelbblinde Dame, deren Spectrum keine nachweisbare Verkürzung zeigte. Seit diese junge Dame durch mich auf ihre Farbenblindheit aufmerksam geworden ist, hat sie förmliche Farbenstudien gemacht, um durch Uebung dennoch die

*) Cotta'sche Ausgabe, 1871, p. 58.

einzelnen Farben unterscheiden zu lernen. Sie war dabei nach längerer Zeit auf das nunmehr zu beschreibende Phänomen aufmerksam geworden, welches ich mit ihrer Hülfe zu analysiren in den Stand gesetzt wurde.

Reines Roth und Grün sieht sie stets richtig, und so gefärbte Objecte einfach. Dagegen erscheinen Objecte, welche gelb, blau, oder in einer Mischfarbe gefärbt sind, stets in übereinander liegenden Doppelbildern, wie mit einem Schleier überzogen, das eine scheint über dem anderen zu schweben. Reines Blau erscheint Grau mit einem leisen Schimmer von Roth darüber, Violett erscheint Roth über Grau, Gelb und Orange erscheinen Roth über Roth, und zwar immer hell über dunkel. Braun erscheint Dunkelroth mit einem Schimmer von Roth darüber, bei Blaugrün schwebt Grün über Grau, bei Rosa Roth über Grau. Auch über jedem einigermassen farbigen Grau schwebt Roth oder Grün. Mit Erfolg bedient sie sich dieses eigenen Merkmals zum Unterscheiden der Farben. Holmgren's Proben besteht sie sämmtlich tadellos zu wiederholten Malen, ebenso wenig ist sie nach Daae's Verfahren zu überführen. Auch pseudo-isochromatische Tafeln, die sie früher nicht gelesen hatte, entziffert sie jetzt. Blaue Buchstaben auf grauem Grunde heben sich über dem letzteren hervor, da die blauen Quadrate in Doppelbildern erscheinen; umgekehrt erscheinen graue Buchstaben auf blauem Grunde als

Basrelief. Jedoch ist sie nicht im Stande, orangegelbe Buchstaben auf rothem Grunde zu lesen, weil die Farben hier sich sehr nahe kommen; bei genauerem Suchen jedoch meint sie, würde sie auch diese herausfinden. Dagegen nimmt sie den gelben Contrast bei blauer Beleuchtung nicht wahr, auch macht sie in den Benennungen der Farben noch hie und da Fehler, die auffallend sind. Wenn sie etwa orangefarbene Muster auf Daae's Tafel betrachtet, sagt sie, sie meine immer, es müsse sich davon etwas herunterziehen lassen; auch kann sie nicht begreifen, wie man vom blauen Himmel, oder von blauen Bergen schwärmen könne, da sie einen Schleier darüber sehe.

Der zweite Fall betrifft einen Schüler der hiesigen Malerakademie, der sich zu seinem Leidwesen überzeugen musste, dass er roth-grünblind war. Auch er behauptete, über dem Roth einen gelben, über manchem Grün einen bläulichen Schimmer zu sehen. Holmgren's Probe bestand er aber nicht, machte stets die grössten Fehler. Auch pseudo-isochromatische Tafeln in Gelb und Roth vermochte er nicht zu entziffern. Die im vorigen Falle entwickelte Eigenthümlichkeit war also hier nur andeutungsweise vorhanden.

Eine Erklärung dieses merkwürdigen Verhaltens lässt sich nur darin suchen, dass die Accommodation für verschieden farbiges Licht in einer auffallenden Weise sich ausgebildet hatte. In der That traten die beschriebenen Erscheinungen auch willkürlich hervor und

zurück, die junge Dame konnte zwei Verwechslungsfarben bei directer Mischung durch Malerpigmente (das System I. auf Tafel III. ist das ihre) sehr genau bestimmen, und ganz von ihrem Gutdünken abhängig dieselben dann in der geschilderten Weise wieder unterscheiden; es war, als ob sie sich ein Prisma vorsetzen könnte, wie einer ihrer Lehrer, der sich für ihre Farbenblindheit sehr interessirte, sehr richtig bemerkte.

Es gehört hierher noch eine eigene Beobachtung, welche O. Becker in einem kürzlich beschriebenen *) Falle von angeborener einseitiger totaler Farbenblindheit gemacht hat. Die mit dieser interessanten Anomalie behaftete, sehr intelligente und gebildete junge Dame, deren Farbensystem auf Tafel IV. dargestellt ist (ich habe dasselbe durch Professor Becker's Güte in Heidelberg entwerfen können), erkannte stets das Braun mit der grössten Bestimmtheit als solches aus allen Pigmenten heraus. An welchem Merkmal, dürfte kaum zu entscheiden sein, denn dass diese Nuance wirklich farbig erschienen sei, wie sie behauptete, ist wol kaum zu glauben, da doch die intensivsten Farben stets rein Grau erschienen, und alle Verwechslungstöne aus Schwarz und Weiss gemischt werden konnten. Auch Becker war der Meinung, dass vielleicht ein gewisser sammtartiger Glanz oder etwas der Art den nötigen Anhalt gebe. Es deuten eben alle diese Be-

*) Graefe's Archiv für Ophthalmologie. XXV. 2.

merkungen darauf hin, dass noch Mancherlei im Sehen der Farbenblinden unerklärt bleibt, dass denselben Merkmale für die Unterscheidung zustehen, von welchen Normalfarbensichtige Nichts wissen.

Anmerkung. Es mag zum Schlusse dieser Betrachtung erlaubt sein, auf die bekannte Bemerkung von Goethe hinzuweisen, dass Farbenblinden die freie Natur so vorkäme, wie Normalfarbensichtigen im Herbste. In der That, obwohl von ganz falschen Voraussetzungen ausgehend, hat Goethe ziemlich das Richtige getroffen, sogar in einer Hinsicht in höherem Maasse, als er selbst glaubte.

Das dunkle Grün der Vegetation erscheint Roth-Grünblinden tief dunkelgelb, sie können frische Tannennadeln z. B. nicht von welken unterscheiden, und auch sonst zeigt sich vielfach, dass Baumblätter und auch Blumen, wenn sie welken, die Verwechslungsfarbe des farbenblinden Auges annehmen. Der Himmel erscheint aber ebenso blau dem roth-grünblinden, als dem normalen Auge, während Goethe glaubte, dass er ersterem röthlich erschiene. Blau und Gelb sind für den Roth-Grünblinden die schönsten Farben, und es erklärt sich hieraus das Gefallen derselben an intensiv blauen Blumen, sowie der besondere Reiz, den Gletscherlandschaften für sie haben etc. Den Blau-Gelbblinden geht jedenfalls noch viel mehr an Naturschönheit verloren. Sie nehmen das schöne Blau des Himmels nicht wahr, und manches lebhafte Gelbgrün der Vegetation muss ihnen farblos erscheinen. Die Uebergänge in den Schattirungen sind für beide Abarten häufig viel unvermittelter und schroffer, wie für Normalsichtige. Die Tafeln geben von Alledem eine ganz gute Illustration.

VIII. CAPITEL.

Practische Beziehungen.

Für den öffentlichen Verkehr auf Eisenbahnen und Schiffen kann jede Art von Farbenblindheit Gefahr bringen. Die Roth-Grünblinden sehen die rothen und grünen Signallichter gelb, und zwar die rothen intensiver gelb als die grünen, weil die grünen Gläser viel blaue Strahlen durchlassen. Die grünen Signale erscheinen meistens auch heller. Die ungefärbten Signallichter unterscheiden sich von allen gefärbten durch die beträchtlich grössere Lichtintensität, und es erklärt sich aus Alledem leicht, dass Eisenbahnbeamte trotz ihrer Roth-Grünblindheit häufig die Signale richtig unterscheiden, vornehmlich in geringeren Entfernungen. In grösseren Distanzen dagegen werden die Unterschiede in Farben- und Lichtintensität so gering, dass die Möglichkeit der Unterscheidung aufhört. Da die ungefärbten Signale von Haus aus leicht gelb gefärbt sind, so kann in Folge dessen nicht nur Roth mit Grün, sondern auch Beides mit Weiss verwechselt werden. Die Blau-Gelbblinden sind in dieser Beziehung kaum weniger gefährlich als die Roth-Grünblinden. Sie verwechseln freilich nicht Roth mit Grün, können aber Roth mit Weiss verwechseln. Denn die ungefärbten

Signale erscheinen bei Nebel, ja schon in der Dämmerung dem normalen Auge röthlich, müssen folglich dem blau-gelbblinden Auge intensiver roth erscheinen. Mindestens in grossen Entfernungen würde daher diese Verwechslung leicht vorfallen können. Auch Grün könnte unter Umständen mit Weiss verwechselt werden, wenn nämlich die Farbe des Signalglases stark in's Gelbe fiele, und die Distanz eine grössere wäre. Denn ein gewisser gelbgrüner Ton muss Blaublinden farblos erscheinen, wie oben auseinandergesetzt worden ist. Auf Kriegsschiffen sind übrigens auch Blau und Gelb wichtig als Signalfarben.

Wenn daher kein System eingeführt werden kann, welches nur die Unterscheidung der Form verlangt, so müssen von gefährlichen Posten im äusseren Dienste sämmtliche Farbenblinde ausgeschlossen sein. Selbst die Fälle, welche nur eine herabgesetzte Farbenempfindlichkeit zeigen, sind sehr genau auf dem Terrain zu untersuchen.

Es ist nach dem Gesagten eine sehr wichtige und in den letzten Jahren bereits vielfach ventilirte Frage, welche Methode am Besten für ausgedehnte Prüfungsreihen, wie dieselben immer häufiger und notwendiger werden, eine rasche und sichere Diagnostik gestatte.

Man weiss seit längerer Zeit, dass Farbenblinde, die sich üben, dem Mangel ihrer Empfindungen durch ihr Urteil zu Hülfe zu kommen, hierbei sehr Erkleckliches zu leisten vermögen. Hat man doch selbst an

die Heilbarkeit der Farbenblindheit geglaubt, indem man durch methodische Uebungen im Sortiren von farbigen Mustern Farbenblinde dahin bringen konnte, dass sie keine Fehler mehr begingen. In der feinen Unterschiedsempfindlichkeit für Farben, die wir oben besprochen haben, besitzen die Farbenblinden ein vortreffliches Hülfsmittel, um häufig selbst nahe verwandte Töne als verschieden zu erkennen. Es genügt die Betrachtung einer der beigegebenen Tafeln, um sich zu überzeugen, dass durch das ganze System eines Farbenblinden hindurch sich ebenso gut Unterschiede hindurchziehen, wie durch das eines Normalsichtigen. Es besteht zwischen den Verwechslungsfarben, welche z. B. auf Tafel I. den rothen und grünen Tönen 1 und 9 entsprechen, ebenso gut ein Farbenunterschied, nur ein anders beschaffener. Und wenn die Farben nicht sehr ausgeprägt für das farbenblinde Auge sind, so ist dasselbe eben viel mehr darauf eingeschult, auf feinere Farbenunterschiede zu achten. Ein Farbenblinder wird Gelbgrau und Blaugrau auch dann als verschiedene Töne ansehen, wenn ein Normalfarbensichtiger Beide als Grau ansehen würde. Beim Sortiren farbiger Muster, welche der Gleichheit nach zusammengelegt werden sollen, genügt also eine nur wenig verschärfte Aufmerksamkeit für den Farbenblinden, um Farben von einander zu trennen, für deren eigentümlichen Eindruck er gleichwol unempfindlich ist, und die er verwechseln müsste, sobald der Ton sich ein wenig änderte. So

wird z. B. das Grün bei 9 nicht mit dem Rosa bei 20 verwechselt zu werden brauchen, weil das Grün Gelbgrau, das Rosa rein Grau erscheint. Das Grün bei 11, welches, wenn der Ton heller wäre, mit Rosa bei 24 verwechselt werden müsste, braucht bei nur wenig verschiedener Lichtstärke nicht für gleich angesehen zu werden.

Das intensivste Roth auf Tafel I. zeigt bei genauer Betrachtung, besonders in Reihe 3 und 4, keine Farbe, die in Bezug auf Ton und Lichtstärke vollkommen identisch damit wäre, es würde also unter der ganzen Zahl solcher Probefarben, wie sie auf der Tafel zu finden sind, immer richtig herausgesucht werden können. So erklärt sich denn anschaulich sehr gut das einem jeden Untersucher häufig auffallende Factum, dass Roth-Grünblinde gerade das Roth sehr häufig richtig erkennen. Das intensive Roth hat für diese Personen eine ganz bestimmte, gelbbraune Nuance, während intensives Grün viel unbestimmtere Nuancen zeigen kann. Denn ein intensives Roth reflectirt ausser den rothen Strahlen nur noch gelbe, ein intensives Grün dagegen gelbe und blaue in sehr verschiedenem Verhältniss. Das Letztere kann daher dem farbenblinden Auge in sehr verschiedenen Nuancen erscheinen, und dabei für das normale doch noch intensiv Grün sein, wie die Tafeln durchweg zeigen. Sowie das Roth sich mit Blau mischt, wird es weniger feurig, es verliert an Intensität, und kann dann ebenfalls je nach

der Menge des reflectirten Blau für das farbenblinde Auge verschiedene Nuancen bieten. Daher wird Rosa von Roth-Grünblinden viel leichter mit Grün und Grau verwechselt, wie ja auch die Tafel zeigt, dass die Töne 9, 10, 11, 12 identische oder fast identische Verwechslungsfarben zeigen mit 19, 20, 21, 22, 23.

Diese Verwechslung wäre aber bei der Sortirung farbiger Wollproben, selbst wenn die beiden Töne für einen Farbenblinden absolut identisch wären, dennoch keine notwendige. Denn der Farbenblinde hat sich aus der grossen Menge Wollbündel das Verwechslungsbündel erst herauszusuchen, und es muss also eine gewisse Möglichkeit da sein, dass er es nicht beachtet und liegen lässt. Hat er es aber auch gefunden, so braucht er es darum noch lange nicht zur Probefarbe zu legen, wenn er überlegt, dass, wenn ihm zwei Farben gleich erscheinen, sie doch für Normalsichtige sehr verschieden sein können. Bedenkt man nun, dass selbst unter einer sehr grossen Zahl farbiger Muster, die man auf gut Glück zusammengesucht hat, sich die absolut gleichen Farben für das farbenblinde Auge gar nicht zu finden brauchen, sondern meistens Differenzen in Lichtstärke und Ton zeigen, so wird es wol nicht Wunder nehmen, dass zuweilen Farbenblinde, die sich im Sortiren geübt haben, unter Anwendung der ihnen von Haus aus durch ihre Farbenblindheit selbst gegebenen Hülfsmittel, und weiterer Beihülfe mnemonischer Brücken, die im Laufe der Zeit durch Erfahrung her-

gestellt worden sind, sowie schliesslich noch durch die Verbindung mit glücklichem Errathen derartige Proben ganz richtig bestehen können, wie dies bereits jetzt zur Genüge nachgewiesen ist.

Man hat fälschlich geglaubt, durch das Sortiren farbiger Muster mache man sich ganz unabhängig von der Benennung, welche ein Farbenblinder einem farbigen Muster beilege. Dies kann allenfalls zutreffen, wenn man einen gebildeten Farbenblinden bittet, die gleichen Muster zusammenzulegen, aber nicht, wenn man Ungebildete prüft, die noch dazu nicht wissen, dass sie farbenblind sind, oder wenn man Leute prüfen muss, denen etwas daran gelegen ist, nicht farbenblind zu sein. Diese sprechen innerlich fortwährend mit sich selbst, und wenn sie zwei Farben als gleich zusammenlegen, so geschieht dies in Folge eines complicirten psychischen Processes, dessen kleinerer Theil in Empfindung, dessen grösserer in Ueberlegung besteht. Nun sind freilich die meisten Individuen, die bei Eisenbahn- oder Marineuntersuchungen in Betracht kommen, so wenig intelligent und geübt, dass man ihre Farbenblindheit auch auf solche Weise herausbekommt; allein es bleibt ein Theil intelligenterer und geübterer Leute übrig, der ein gut begründetes und systematisches Verfahren nötig erscheinen lässt. Ob man Leute, die ein Interesse haben, nicht farbenblind zu sein, farbige Muster sortiren lässt, oder eine Anzahl derselben einfach benennen lässt, ist in Bezug auf die Sicherheit

der Diagnose der Farbenblindheit überhaupt höchstens gleichgültig; eher aber ist es noch sicherer, die Farben einfach benennen zu lassen. Denn in sehr vielen Fällen — man vergleiche einfach die Tafeln — kann ein Farbenblinder zwei Farben sehr gut unterscheiden, und wird nicht im Zweifel sein, dass dieselben für ihn selbst verschieden sind, wird aber in Bezug auf die richtigen Namen sehr im Ungewissen sein, und nur wenige Chancen haben, glücklich zu rathen. In der That braucht man nur die hundert Krankengeschichten, die H. Cohn*) geliefert hat, durchzusehen, um sich zu überzeugen, dass beim Sortiren farbiger Pulver sehr häufig richtig sortirt und falsch benannt wurde. Nun weiss man schon längst, dass ein einfaches Ausfragen nicht genügt, indem auch häufig genug trotz aller ungünstigen Chancen richtig gerathen wird. Man bekommt beim Sortirenlassen wol eher ein Bild der Verwechslungen, wenn auch ein sehr ungenügendes, allein in Bezug auf die Sicherheit der Diagnose liegt darin keine grössere Garantie, als beim einfachen Ausfragen. Auch ist es nicht richtig, wenn man in der Wahl einzelner Probefarben, etwa des Rosa, worauf hier und da Gewicht gelegt worden ist, eine solche Garantie sucht. Es ist ja gar kein Grund vorhanden, nicht auch die Verwechslungsfarben davon zu wählen, ja einfach reines neu-

*) Studien über die angeborene Farbenblindheit. Breslau 1879.

trales Grau als Probemuster vorzulegen, welches doch von jedem Farbenblinden mit irgend einer intensiven Farbe verwechselt werden muss. Es ist eben für einen solchen kein zwingender Grund vorhanden, aus einer grossen Zahl farbiger Muster zu einer Probefarbe die characteristische Verwechslungsfarbe zu legen; die gleichen Farben sind für ihn ja auch gleich mit der Probe, und er kann, durch die ihm zu Gebote stehenden Hülfsmittel und durch glückliche Ueberlegung resp. glückliches Errathen geleitet, auch die gleichen allein herausfinden und dann innehalten.

Wenn man aber nicht nur die gleichen, sondern auch die ähnlichen Muster zu einer Probe heraussuchen lässt, so ist dies noch viel bedenklicher. Der Begriff der Aehnlichkeit ist ein sehr weiter, sehr schwankender, bei verschiedenen Individuen ausserordentlich verschiedener. Behaupten doch Ophthalmologen von Bedeutung, dass Gelb Aehnlichkeit mit Roth oder Grün besitze. Wer könnte leugnen, dass Rosa dem Roth ähnlich sei, oder grünliches Grau intensiverem Grün, ja selbst Roth dem Braun, und doch sollen solche Verwechslungen die Existenz der Farbenblindheit darthun. Man kann sich unschwer überzeugen, dass selbst sehr gebildete Personen, wenn man sie auffordert, die bekannten Holmgren'schen Proben der Aehnlichkeit nach zu sortiren, sehr leicht solche Verwechslungen begehen, welche nach den Vorschriften dieser Methode characteristisch für Farbenblindheit sein sollen, wenn es auch keinem

Zweifel unterliegen kann, dass ihr Farbensinn ein völlig normaler ist. Es ist demnach nichts weniger als unwahrscheinlich, dass Viele von denen, welche nach Holmgren's Anweisungen auf Farbenblindheit geprüft haben, und diese Methode als die allein maassgebende betrachteten, Farbenblindheit da diagnosticirt haben, wo keine vorhanden war. Die Unsicherheit eines derartigen Verfahrens wird noch erhöht dadurch, dass, wenn zwei Farben ähnlich sind, direct daraus folgt, dass sie auch verschieden sein müssen, und daher bei Prüfungen ungebildeter niederer Beamten der, welcher zwei solche Farben nicht zusammenlegt, ebenso Recht behalten kann, als der, welcher sie zusammenlegt.

Sicherheit für alle Prüfungsmethoden, bei welchen objective Farben benutzt werden sollen, kann nur erreicht werden durch ein genaues Studium der Verwechslungsfarben, von denen die beigefügten Tafeln eine Uebersicht geben, soweit es bis jetzt möglich gewesen, das Sehen der Farbenblinden zu analysiren.

Für die Roth-Grünblindheit dürfte bereits das vorliegende Material genügen, um eine practische Verwerthung der gefundenen Thatsachen anzubahnen. Wir finden hier für die extremsten Fälle eine ziemlich grosse Anzahl gleicher Verwechslungsfarben, und haben von diesen nur ganz beliebig ein oder mehrere Paare herauszunehmen, um das sogenannte pseudo-isochromatische Princip in den verschiedensten Varianten zur Anwendung zu bringen. Man könnte also, wenn man

Stickwolle als geeignetes Material bevorzugt, sich zwei in Ton und Lichtstärke genau zu zwei Verwechslungsfarben passende Wollbündel bestimmen, und von diesen eine grosse Anzahl den zu Prüfenden zum Sortiren vorlegen. Die Sicherheit wird hierdurch für diese Methode schon eine ausserordentlich grosse werden, da ja die verschiedenen Farben von Roth-Grünblinden wirklich identisch gesehen werden müssen, und es wäre nur die sehr wenig in Betracht zu ziehende Möglichkeit vorhanden, dass dennoch durch glückliches Errathen die Farben getrennt würden, besonders wenn durch nicht genaue Controle kleine Unterschiede in der Lichtstärke vorhanden sind. Wenn man jedoch von vornherein die gleichen Töne mit etwas wechselnder Lichtstärke wählt, so wird man eine fast absolute Sicherheit erreichen.

Am Vollkommensten jedoch wird unseren Anforderungen entsprochen, wenn die beiden Verwechslungstöne so ineinander gebracht werden, dass die eine Farbe Buchstaben oder Figuren in der anderen zeigt, welche den Grund dazu bilden muss, wie ich dies in früheren Schriften gezeigt habe, und welche Methode vielen Anklang gefunden hat. Es sind dabei freilich noch immer allerlei technische Schwierigkeiten zu überwinden gewesen. Allein ein genaues Studium der Verwechslungsfarben muss schliesslich der Chromolithographie der leichteren Herstellung und Vervielfältigung halber den Vorzug verleihen. Es kommt hauptsächlich darauf

an, die Verwechslungstöne zu finden, welche für alle Fälle einer bestimmten Form der Farbenblindheit identisch sind. Für die Roth-Grünblindheit sind diese Töne mit Leichtigkeit schon jetzt, wie die beigegebenen Tafeln zeigen, sicher zu stellen. Es sind Orange und Mattgelb für die extremsten Fälle gleich, ebenso Gelbgrün und Mattgelb etc. Man wählt für die Chromolithographie am besten die ersteren Töne, weil dieselben im Druck keine Schwankungen erleiden können, die für den Farbenblinden in's Gewicht fielen. Es ist demnach nicht mehr notwendig, die Verwechslungsfarben für unverkürztes und verkürztes Spectrum als doppelte Paare miteinander zu verbinden, sondern es geht aus dem Gegebenen wiederum eine Vereinfachung der Methode hervor.

Für die Blau-Gelbblindheit wird es auch schon möglich sein, aus der betreffenden Uebersichtstafel die für die extremsten Fälle passenden Verwechslungsfarben auszuwählen. Doch ist hier die Analyse möglichst vieler Fälle selbstverständlich wünschenswerth. Auch für die totale Farbenblindheit müssen die Bestimmungen verfeinert werden, um über die Unterschiede in der Lichtempfindlichkeit auch in Bezug auf die anschauliche Darstellung völlig in's Klare zu kommen.

Das pseudo-isochromatische Princip dürfte in Zukunft selbst dahin auszubilden sein, dass man sich sehr nahe stehende Farbentöne entweder nach Seebeck'scher Art sortiren liesse, oder dieselben in Figuren-

tafeln vereinigte. Das farbenblinde Auge würde diese Töne leichter differenziren müssen, als das normale, welches sie unter Umständen gar nicht unterscheiden würde, entsprechend den oben ermittelten Gesetzen der Unterschiedsempfindlichkeit. Sollte dies erreicht werden können, was vielleicht gar keine besonders grossen Schwierigkeiten bieten würde, und sobald als möglich versucht werden soll, so würde auch die Frage, wie Simulation am besten zu entdecken sei, auf das Allerbefriedigendste gelöst sein.

Es leuchtet übrigens ein, dass auch die hier vorliegenden Tafeln ein sehr gutes Unterstützungsmittel für die Diagnostik liefern können. Man kann die zu Prüfenden auffordern, zu sagen, welche Farbe in der oberen Reihe gleich sei mit einer aus den unteren gewählten, oder kann auch unter Umständen einfach sich die Farben nennen lassen. Da es wirkliche Verwechslungsfarben sind, wird ein Farbenblinder bald in die Irre gerathen.

Die Prüfung mittelst des Simultancontrastes gehört übrigens ebenfalls in das Gebiet der Pseudo-Isochromasie, da die rothen und grünen Schatten farblos gesehen werden müssen. Um die Möglichkeit des Errathens zu vermeiden, müssten die Schatten in grösserer Zahl dem zu prüfenden Auge dargeboten werden, also wie farbige Muster, eine Modification des ursprünglichen Verfahrens, welche ich für Massenprüfungen schon seit längerer Zeit in Vorschlag gebracht habe, und welches

bereits angefangen hat, in der Praxis an grösseren Kliniken Eingang zu finden. Dies Verfahren dürfte sogar als das sicherste betrachtet werden, wenn man sich an jene merkwürdigen Ausnahmefälle erinnert, in welchen die Farbenblindheit ganz oder theilweise durch eigenartige Verwendung der Accommodation, oder durch Benutzung bisher noch unerklärlicher Merkmale, wie in O. Becker's Falle, maskirt werden kann.

Man darf schliesslich nicht vergessen, dass auf dem Gebiete der officiellen Prüfungen die falsche Benennung von Signalen auf dem Eisenbahnterrain oder auf der See den Ausschlag zu geben hat. Dass die falsche Benennung sicherere Schlüsse als die Verwechslung von Wollproben erlaubt, ist bereits daraus zu ersehen, dass die bisher von Donders für die Niederlande geübte, sogenannte Normalmethode lediglich die Benennung verlangt, und die übrigen Methoden, die von Holmgren, die Contrastfarben und pseudo-isochromatischen Tafeln hauptsächlich zur Controle benutzt werden.

Die in neuester Zeit von Donders angewandte Modification der pseudo-isochromatischen Methode dürfte übrigens als ein genügender Beweis anzusehen sein, dass derselben in nicht allzuferner Zukunft eine allgemeine Verwendung beschieden ist. —

IX. CAPITEL.

Fragmente zur Pathologie.

Störungen des Farbensinnes begegnen wir auf pathologischem Gebiete fast ausschliesslich bei Sehnervenleiden, und den, wahrscheinlich zu diesen zu rechnenden, centralen Scotomen. Bei allen anderen inneren Augenleiden, Chorioïditis, verschiedenen Formen von Retinitis, insofern dieselben nicht auf den Sehnerven selbst übergreifen, selbst bei Retinitis pigmentosa mit der hochgradigsten Gesichtsfeldbeschränkung, bei Glaucom selbst in den letzten Stadien u. A. m. bleibt der eigentliche Farbensinn intact.

Dass freilich eine jede Störung des Lichtsinnes auch Störungen in der normalen Farbenperception bedingen muss, ist unabweislich, denn die Lichtempfindung ist eine notwendige Bedingung der Farbenempfindung. Allein eine conditio sine qua non eines Dinges ist nicht dieses Ding selbst. Licht ohne Farbe kann sehr wohl da sein, aber keine Farbe ohne Licht. Der Farbensinn darf mit Fug und Recht als das vollkommene Analogon des musikalischen Gehörs betrachtet werden. Jemand, der taub ist, kann auch nicht zwischen Dur und Moll unterscheiden, aber es kann Jemand ein

ausserordentlich scharfes Gehör besitzen, die schwächsten Geräusche auf die grösstmöglichsten Entfernungen wahrnehmen, und dennoch trotz aller Uebung den Unterschied zweier Töne in Bezug auf ihre Qualität, ob also der eine Ton höher oder tiefer als der andere von zwei sehr nahe liegenden, e oder es, ob ein Accord einer Dur- oder Molltonart angehöre, niemals zu beurteilen fähig sein.

Wenn ein vortrefflicher Musiker anfinge taub zu werden, so kann man aber nicht sagen, dass er auch sein musikalisches Gehör zu verlieren anfange. Für den Fall die Töne in genügender Stärke auf sein Ohr treffen, kann sein qualitatives Unterscheidungsvermögen noch ebenso gut sein, wie früher. In gleichem Sinne darf man auch nicht sagen, dass der Farbensinn gestört sei, wenn nur die verminderte Lichtempfindlichkeit die Ursache ist, dass Farben nicht mehr so gut wie früher unterschieden werden. Wird die Lichtstärke erhöht, so werden auch die Farben erkannt, die vorher nicht, oder nicht deutlich, in der ihnen zukommenden Qualität percipirt wurden. Es handelt sich in allen Fällen von herabgesetzter Lichtempfindlichkeit immer um eine quantitative Störung der Farbenperception, allein der specifische Farbensinn kann dabei völlig intact sein. Alle Augenleiden, welche die Sehschärfe herabsetzen, vermindern somit notwendig auch die quantitative Farbenempfindlichkeit, allein als diejenigen Affectionen, bei welchen es sich um wirkliche specifische

Störungen des Farbensinnes handeln kann, sind, soweit unsere bereits ausgedehnten Untersuchungen reichen, nur die im Eingang angeführten zu betrachten. Und auch bei diesen ist Störung des Farbensinnes, wenn auch wol in der grössten Mehrzahl der Fälle vorhanden, doch keineswegs absolut constant, und auch hier ist jedesmal genau zu untersuchen, welche Fälle, und wie viel in jedem Falle, auf herabgesetzte Empfindlichkeit für Licht von bestimmter Brechbarkeit, oder auf solche für die entsprechenden Farben selbst, zu beziehen seien.

Wenn man sich daher grosse Mühe gegeben hat, durch perimetrische Messungen die Grenzen der Farbenfelder in pathologischen Fällen zu bestimmen, so hat man damit nicht die Herabsetzung der eigentlichen Farbenempfindlichkeit bestimmt. Man hat hier, wie bei den angeborenen quantitativen Störungen der Farbenempfindlichkeit, ein complicirtes Gebilde vor sich, ein Product, dessen einen Factor die wirkliche Empfindlichkeit für qualitative Unterschiede, dessen anderen die Sehschärfe für homogenes Licht bildet. Und es ist hauptsächlich die excentrische Sehschärfe für homogenes Licht, welche man bei jenen Untersuchungen gemessen, und dabei mit grosser Mühe so ziemlich dieselben Resultate erhalten hat, welche man viel bequemer durch die centrale Messung der Sehschärfe für verschieden farbiges Licht bekommen kann. Es zeigte sich bei inneren Augenleiden, welche den Sehnerven nicht direct

afficiren, dass die Farbengränzen gegen die schwarzweisse Aussengränze sich gleichmässig zurückziehen, bei genuinen Sehnervenleiden dagegen ungleichmässig. Wenn man die centrale Sehschärfe für verschieden farbiges Licht misst, so markirt sich das Zurückziehen der Farbengränzen gegen die Aussengränze durch gewaltige Unterschiede in der centralen Sehschärfe für Schwarz auf Weiss und für Farbig auf Schwarz, das ungleichmässige Zurückziehen der Farbengränzen bei Sehnervenleiden durch die ungleichmässige Herabsetzung der centralen Sehschärfe für farbiges Licht bei Sehnervenatrophie und centralen Scotomen.

Wenn Farbenblinde mit gesunden Augen, mit Ausnahme der seltenen Fälle, in welchen S für Roth oder eine andere Farbe stark herabgesetzt ist, für Farbig auf Schwarz regelmässig dieselbe Sehschärfe zeigen wie für Schwarz auf Weiss, so ist dies in pathologischen Zuständen ganz anders. Sinkt die Sehschärfe für Schwarz auf Weiss um ein bestimmtes Maass, so sinkt sie für Farbig auf Schwarz des geringeren Contrastes halber meistens um ein viel grösseres. Man kann es als pathognostisches Zeichen eines inneren Augenleidens ansehen, wenn die Sehprüfung für Roth auf Schwarz, Grün auf Schwarz, Blau auf Schwarz bedeutend geringere Zahlen liefert, als die für Schwarz auf Weiss. Ist dabei die Sehschärfe ungleichmässig gesunken, so kann man bereits ein Sehnervenleiden vermuthen. Angeborene Farbenblindheit muss dabei nach den Regeln,

welche früher in dieser Beziehung gefunden wurden *), ausgeschlossen werden.

Will man also den Anteil bestimmen, den an einer verminderten oder aufgehobenen Farbenperception die wirkliche Störung des specifischen Farbensinnes hat, so muss von der Gesammtstörung die Quote abgetrennt werden, um welche die Empfindlichkeit für homogenes Licht gesunken ist. Die Methode, auf welche sich hier bezogen ist, für feine Untersuchungen angeborener Störungen bei sonst normalem Sehvermögen ungenügend, und auch nicht für solche berechnet, ist für klinische Prüfungen in pathologischen Fällen ausreichend, um ganz unverhältnissmässige Störungen im centralen Licht- und Farbenempfindungsvermögen nachzuweisen. Wenn bei einem centralen Scotom die Sehschärfe für verschieden farbiges Licht, wie für Schwarz auf Weiss bedeutend gesunken, für erstere kleiner als $^1/_{20}$ ist, und dennoch central alle Farben richtig bei der perimetrischen Messung erkannt werden, so ist man wohl berechtigt zu der Behauptung, dass hier der Lichtsinn ganz unabhängig vom Farbensinne krankhaft afficirt sein muss. Und dergleichen Fälle von centralen Scotomen, bisher noch nicht beschrieben, giebt es unzweifelhaft. In diesem Jahre habe ich deren zwei an sehr intelligenten Patienten beobachtet. Die centrale

*) Beiträge zur Lehre von den Farbenempfindungen. Heft III. 1876.

Sehschärfe war beträchtlich gesunken, die Kranken gaben an, dass die fixirte Stelle undeutlich, wie verschwindend sei, als ob etwas im Gesichtsfeld fehle. Aber die genaue perimetrische Untersuchung ergab nicht, wie sonst, Farbenblindheit innerhalb des Scotoms. Die Farben erschienen nur etwas dunkler, aber ohne irgendwie ihre Qualität einzubüssen, wurden heller, sobald sie die Peripherie des Scotoms überschritten. Auch Weiss erschien im Scotom grau, in der Peripherie Weiss. Wenn in solchen Fällen sich also bei der quantitativen Prüfung Störungen zeigen, so sind dieselben lediglich der verringerten Lichtempfindlichkeit zuzuschreiben. Besonders schlagend ist übrigens in dieser Hinsicht das Resultat, welches die Untersuchung mit den pseudo-isochromatischen Tafeln liefert. Während Patienten mit centralem Scotom, auch wenn die Sehschärfe noch ganz gut ist, im Scotom farbenblind sind, und die Tafeln, für welche nur centrale Fixation gilt, nicht entziffern können, wurden in den erwähnten Fällen auch die für die feinsten Prüfungen berechneten, schwach Rosa in Grau gefärbten, Tafeln sogar ohne Schwierigkeit in denselben Distanzen entziffert, in denen dies für Leute mit gesunden Augen und nur herabgesetztem quantitativem Farbensinn nicht möglich ist.

Der Umstand, dass die Prüfungen hier genau central sind, fällt besonders der erst kürzlich wieder aufgestellten Hypothese gegenüber in's Gewicht, dass der Farbensinn auf der Empfindlichkeit der ganzen

Netzhautfläche beruhe *). Uebrigens sprechen gegen eine solche Vermuthung bereits die Verhältnisse bei Retinitis pigmentosa. Das Gesichtsfeld kann dabei ausserordentlich concentrisch eingeschränkt sein, ohne dass sich auch für die feinsten Prüfungen eine Herabsetzung des centralen Farbensinnes manifestirt.

Beobachtungen bei centralen Scotomen und auch bei Sehnervenatrophie zeigen, dass, wenn bei gewöhnlicher Tagesbeleuchtung Farbenblindheit constatirt werden konnte, die bei glänzender Magnesiumbeleuchtung aber verschwand, und zugleich die Sehschärfe sehr gesunken war, die Farbenstörung einfach hierauf zu beziehen ist. Ist aber die centrale Sehschärfe nicht sehr gesunken, und es besteht dennoch Farbenblindheit, so ist zunächst genau zu untersuchen, wie sich die Sehschärfe für verschieden farbiges Licht verhält, und erst dann kann man daran denken, den Anteil zu bestimmen, welchen die specifische Störung des Farbensinnes an der Störung der Gesammtperception der Farben aufzuweisen hat. Es kann vorkommen, dass die centrale S für Schwarz auf Weiss noch $^2/_3$ der normalen beträgt, die für jedes farbige Licht aber nicht $^1/_{10}$ erreicht.

Trotz der Schwierigkeiten, die, wie man sieht, sich der genauen Beurteilung einer erworbenen Ano-

*) Die Wirkung grosser farbiger Flächen erklärt sich übrigens durch die natürliche Ausschliessung störender Contraste, woran man noch nicht gedacht zu haben scheint.

malie des Farbensinnes in den Weg stellen, sind aber doch die Differenzen, welche man bei Durchforschung eines einigermassen ausreichenden Materials findet, so gross, dass man sich der Ueberzeugung nicht verschliessen kann, dass der Farbensinn auch unabhängig vom Lichtsinne krankhaft gestört werden könne. Man findet Amblyopieen mit centralem Scotom und Farbenblindheit innerhalb desselben, wenn S für Schwarz auf Weiss noch $^2/_3$ beträgt, und Fälle, in denen der Farbensinn normal ist, wenn S nur $^2/_5$, ja selbst $< {}^1/_{20}$ beträgt. Auch bei Glaucom mit S $< {}^1/_{10}$, bei Chorio-retinitis, Amblyopieen ohne Befund, bei Retinitis pigmentosa etc. mit sehr gesunkener Sehschärfe, findet man bei centraler Prüfung den Farbensinn normal, und genauere Untersuchungen, welche alle angeführten Punkte berücksichtigen, werden höchst wahrscheinlich die relative Unabhängigkeit von Farben- und Lichtsinn nur bestätigen.

Selbst bei centralen Leiden, bei denen die Lichtempfindlichkeit so sehr sinkt, dass dem Kranken nicht einmal eine selbstständige Führung mehr erlaubt ist, kann dennoch der Farbensinn, qualitativ genommen, völlig normal bleiben. Wenn in solchen Fällen auch nur mit farbigen Glasplatten, vor eine Lampe gehalten, die Prüfung vorgenommen werden kann, welch' grosser Gegensatz zeigt sich hier gegen Fälle von Sehnervenatrophie, mit nachweislich erworbener Farbenblindheit, die auch bei Magnesiumbeleuchtung nicht verringert

wird, und noch ganz gut erhaltener Sehschärfe, die dem Kranken mindestens das Lesen grösserer Schrift und völlig freie Orientirung erlaubt. Selbst in einem Falle von einer acut mit gleichzeitiger Facialis- und Oculomotorius-Lähmung aufgetretenen Blindheit (in Folge von Apoplexie) habe ich den Farbensinn völlig normal gefunden.

Die Form, in der Farbenblindheit in pathologischen Fällen auftritt, ist, ganz entsprechend den physiologischen, entweder Roth-Grünblindheit, oder totale Farbenblindheit. Auch das Vorkommen der Blau-Gelbblindheit ist behauptet worden, doch sind hierüber noch weitere Untersuchungen abzuwarten. Der Punkt, auf welchen hauptsächlich Gewicht zu legen ist, ist die relative Unabhängigkeit der Farbenempfindung von der Lichtempfindung, die sich auf pathologischem Gebiete, wie auf physiologischem, wenn auch auf letzterem bis jetzt in grösserer Deutlichkeit zeigt. Auch hierin zeigt sich überall die Uebereinstimmung der Beobachtung mit der Theorie Hering's. Trotz der Versuche, einen innigen Zusammenhang zwischen Licht- und Farbenempfindung nachzuweisen, bleibt es für immer eine nicht abzustreitende Forderung unseres Verstandes, der gänzlichen Verschiedenheit der inneren Erscheinung von Licht und Farbe in unserem eigenen Bewusstsein entsprechend, auch in unserem Organismus verschiedene physiologische Correlate, die auch eine verschiedene anatomische Grundlage notwendiger Weise besitzen

müssen, aufzusuchen. Lichtsinn und Farbensinn bleiben ebenso verschieden wie Tastsinn und Temperatursinn, oder wie Tastsinn und Schmerz, wie Hörschärfe und musikalisches Gehör, wie Tastsinn des Gaumens und Geschmack. Dass aber Farbensinn und Raumsinn, welche man auch zu einander hat in directe Beziehung bringen wollen, nicht in einer solchen stehen können, lehrt die einfachste erkenntnisstheoretische Betrachtung.